



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0068986
(43) 공개일자 2008년07월25일

(51) Int. Cl.

H04B 15/00 (2006.01) H04B 15/02 (2006.01)

H04B 7/04 (2006.01) H04B 7/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0006507

(22) 출원일자 2007년01월22일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 매탄동 416

연세대학교 산학협력단

서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교

(72) 발명자

이학주

인천 부평구 십정2동 신동아아파트 110동 1003호

윤성렬

경기 수원시 영통구 영통동 벽적골8단지아파트
811동 806호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

권혁록, 이정순

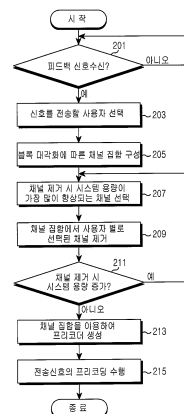
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 다중 안테나 시스템의 간섭 제거 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템에서 상기 다중 사용자들의 간섭을 제거하기 위한 장치 및 방법에 관한 것으로서, 상기 간섭 제거를 위해 블록 대각화(Block Diagonalization)에 따른 프리코더(Precoder)를 생성하기 위한 채널 집합을 구성하는 과정과, 상기 채널 집합에서 소정 채널을 제거할 경우, 시스템 용량(Capacity)이 증가하는 채널을 제거하여 상기 채널 집합을 재구성하는 과정과, 상기 재구성된 채널 집합을 이용하여 상기 프리코더를 생성하는 과정과, 상기 프리코더를 이용하여 상기 다중 사용자들로 전송할 신호를 프리코딩(Precoding)하는 과정을 포함하여, 시스템 용량의 저하 없이 상기 다중 사용자들 간의 간섭을 제거할 수 있는 이점이 있다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

박동식

경기 용인시 기흥읍 서천리 SK 107-1802

홍대식

서울 강남구 대치동 506 선경 아파트 2동 705호

김성태

서울 중랑구 중화동 한신 아파트 109동 1502호

특허청구의 범위

청구항 1

다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템에서 간섭 제거 방법에 있어서,

상기 간섭 제거를 위해 블록 대각화(Block Diagonalization)에 따른 프리코더(Precoder)를 생성하기 위한 채널 집합을 구성하는 과정과,

상기 채널 집합에서 소정 채널을 제거할 경우, 시스템 용량(Capacity)이 증가하는 채널을 제거하여 상기 채널 집합을 재구성하는 과정과,

상기 재구성된 채널 집합을 이용하여 상기 프리코더를 생성하는 과정과,

상기 프리코더를 이용하여 상기 다중 사용자들로 전송할 신호를 프리코딩(Precoding)하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 사용자들로부터 수신된 피드백 신호에서 각 사용자들의 채널 정보를 확인한 과정과,

상기 채널 정보를 이용하여 서비스를 제공할 사용자들을 선택하는 과정을 더 포함하여,

상기 선택된 사용자들의 간섭 제거를 위해 상기 채널 집합을 구성하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 채널 집합은, 각각의 사용자별로 자신이 사용하는 채널을 제외한 다른 모든 채널을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 채널 집합을 재구성하는 과정은,

상기 구성된 채널 집합에서 하나의 채널을 제거하였을 경우, 상기 시스템 용량이 가장 많이 증가하는 채널을 선택하는 과정과,

상기 선택된 채널을 상기 채널 집합에서 제거하여 채널 집합을 재구성하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 재구성된 채널 집합에서 소정 채널을 제거할 경우, 상기 시스템 용량이 증가하는지 확인하는 과정을 더 포함하여,

상기 시스템 용량이 증가하는 채널이 존재하는 경우, 채널 제거시 상기 시스템 용량이 가장 많이 증가하는 채널을 선택하는 과정으로 진행하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 시스템 용량이 증가하는 채널이 존재하지 않는 경우, 상기 프리코더를 생성하는 과정으로 진행하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템에서 간섭 제거 방법에 있어서,
 상기 간섭 제거를 위해 블록 대각화(Block Diagonalization)에 따른 프리코더(Precoder)를 생성하기 위한 채널 집합을 구성하는 과정과,
 서비스를 제공할 사용자별로 상기 채널 집합에서 소정 채널을 제거할 경우, 시스템 용량(Capacity)이 증가하는 채널을 제거하여 상기 채널 집합을 재구성하는 과정과,
 상기 재구성된 채널 집합을 이용하여 상기 프리코더를 생성하는 과정과,
 상기 프리코더를 이용하여 상기 다중 사용자들로 전송할 신호를 프리코딩(Precoding)하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,
 상기 사용자들로부터 수신된 피드백 신호에서 각 사용자들의 채널 정보를 확인한 과정과,
 상기 채널 정보를 이용하여 상기 서비스를 제공할 사용자들을 선택하는 과정을 더 포함하여,
 상기 선택된 사용자들의 간섭 제거를 위해 상기 채널 집합을 구성하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서,
 상기 채널 집합은, 각각의 사용자별로 자신이 사용하는 채널을 제외한 다른 모든 채널을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 10

제 7 항에 있어서,
 상기 채널 집합을 재구성하는 과정은,
 상기 채널 집합에서 하나의 채널을 제거하였을 경우, 상기 시스템 용량이 가장 많이 증가하는 채널을 각각의 사용자에 대한 채널 집합에서 선택하는 과정과,
 상기 선택된 채널을 상기 각각의 사용자에 대한 채널 집합에서 제거하여 채널 집합을 재구성하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,
 상기 재구성된 채널 집합에서 소정 채널을 제거할 경우, 상기 시스템 용량이 증가하는지 확인하는 과정을 더 포함하여,
 상기 시스템 용량이 증가하는 채널이 존재하는 경우, 채널 제거시 상기 시스템 용량이 가장 많이 증가하는 채널을 선택하는 과정으로 진행하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,
 상기 시스템 용량이 증가하는 채널이 존재하지 않는 경우, 상기 프리코더를 생성하는 과정으로 진행하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 13

다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템에서 간섭 제거 장치에 있어서,
 서비스를 제공한 사용자들 간의 간섭 제거를 위해 블록 대각화(Block Diagonalization)에 따른 프리코더(Precoder)를 생성하기 위한 채널 집합을 구성하고, 상기 채널 집합에서 소정 채널을 제거할 경우, 시스템 용량

(Capacity)이 증가하는 채널을 제거하여 상기 채널 집합을 재구성하는 채널 집합 구성기와,

상기 채널 집합을 이용하여 프리코더를 생성하는 프리코더 생성기와

상기 생성된 프리코더를 이용하여 상기 사용자들로 전송할 신호를 프리코딩(Precoding)하는 프리코더를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 다중 사용자들의 채널 정보에 따라 서비스를 제공할 사용자들을 선택하는 사용자 선택기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 채널집합 구성기는,

상기 프리코더(Precoder)를 생성하기 위한 채널 집합을 구성하고,

상기 구성된 채널 집합에서 하나의 채널을 제거하였을 경우, 상기 시스템 용량이 가장 많이 증가하는 채널을 선택하고, 상기 선택된 채널을 상기 채널 집합에서 제거하여 채널 집합을 재구성하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 16

제 13 항에 있어서,

상기 채널집합 구성기는,

상기 프리코더(Precoder)를 생성하기 위한 채널 집합을 구성하고,

상기 구성된 채널 집합에서 하나의 채널을 제거하였을 경우, 상기 시스템 용량이 가장 많이 증가하는 채널을 각각의 사용자에 대한 채널 집합에서 선택하고, 상기 선택된 채널을 상기 각각의 사용자에 대한 채널 집합에서 제거하여 채널 집합을 재구성하는 것을 특징으로 하는 장치.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <6> 본 발명은 다중 안테나 시스템에서 간섭을 제거하기 위한 장치 및 방법에 관한 것으로서, 특히 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템에서 블록 대각화(Block Diagonalization) 기법을 이용하여 사용자 간 간섭을 제거하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.
- <7> 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.
- <8> 상기 다중 안테나 시스템은 안테나 별로 서로 독립적인 채널을 이용하여 데이터를 전송하여 추가적인 주파수나 송신 전력 할당 없이도 단일 안테나 시스템에 비해 전송 신뢰도와 전송률을 증가시킬 수 있다. 즉, 상기 다중 안테나 시스템은 다이버시티(Diversity) 이득을 통해 시스템 성능을 향상시킬 수 있고, 다중화(Multiplexing) 이득을 통해 전송률을 향상시킬 수 있다. 또한, 상기 다중 안테나 시스템은 다중 사용자를 지원하는 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템으로 확장할 수 있다.
- <9> 상기 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템은 상기 다중 안테나를 통해 확보한 공간자원을 동시에 여러 명의 사용자가 공유하여 주파수 효율을 더욱 높일 수 있다. 이때, 상기 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템은 상

기 사용자들 간 간섭으로 인하여 시스템 용량이 저하되는 것을 방지하기 위해 프리코딩(Precoding) 기법을 이용하여 상기 사용자들 간 간섭을 제거한다. 예를 들어, 상기 시스템의 기지국은 더티 페이퍼 코딩 기법이나 블록 대각화(Block Diagonalization) 기법 등의 프리코딩 기법을 이용하여 상기 다중 사용자들 간 신호의 간섭을 줄일 수 있다.

- <10> 상기 더티 페이퍼 코딩 기법은 상기 기지국에서 각 사용자들의 채널 정보를 정확히 알고 있는 경우 상기 사용자들 간의 간섭을 미리 제거할 수 있기 때문에 채널 용량을 높일 수 있다. 하지만, 상기 더티 페이퍼 코딩 기법은 비선형적인 방식으로 상기 사용자 간 간섭을 제거하므로 복잡도가 커지는 문제점이 있다.
- <11> 상기 블록 대각화 기법은 상기 더티 페이퍼 코딩 기법의 복잡도를 개선하기 위한 기법으로 상기 사용자들 중 선택된 특정 사용자의 채널의 영 공간(Null space)에 다음 사용자를 할당하여 순차적으로 간섭을 제거한다. 따라서, 상기 블록 대각화 기법은 낮은 복잡도로 상기 사용자들 간의 간섭을 제거할 수 있다.
- <12> 하지만, 상기 블록 대각화 기법은 상기 다중 사용자들 간의 간섭을 제거하기 위한 프리코더를 생성할 때 서로 다른 사용자들의 채널이 중첩된 부분 공간(Subspace)을 제거한다. 따라서, 상기 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템에서 상기 블록 대각화 기법을 사용하는 경우, 상기 제거된 부분 공간으로 인해 상기 사용자들 각각의 시스템 용량이 손실되는 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <13> 따라서, 본 발명의 목적은 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템에서 상기 다중 사용자들 간의 간섭을 제거하기 위한 장치 및 방법을 제공함에 있다.
- <14> 본 발명의 다른 목적은 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템에서 블록 대각화(Block Diagonalization) 기법을 사용하여 시스템 용량의 저하 없이 사용자들 간의 간섭을 제거하기 위한 장치 및 방법을 제공함에 있다.
- <15> 본 발명의 또 다른 목적은 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템에서 블록 대각화 기법의 채널 집합 구성 방식을 변경하여 시스템 용량의 저하 없이 사용자들 간의 간섭을 제거하기 위한 장치 및 방법을 제공함에 있다.
- <16> 상기 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 제 1 견지에 따르면, 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템에서 간섭 제거 방법은, 상기 간섭 제거를 위해 블록 대각화(Block Diagonalization)에 따른 프리코더(Precoder)를 생성하기 위한 채널 집합을 구성하는 과정과, 상기 채널 집합에서 소정 채널을 제거할 경우, 시스템 용량(Capacity)이 증가하는 채널을 제거하여 상기 채널 집합을 재구성하는 과정과, 상기 재구성된 채널 집합을 이용하여 상기 프리코더를 생성하는 과정과, 상기 프리코더를 이용하여 상기 다중 사용자들로 전송할 신호를 프리코딩(Precoding)하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <17> 본 발명의 제 2 견지에 따르면, 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템에서 간섭 제거 방법은, 상기 간섭 제거를 위해 블록 대각화(Block Diagonalization)에 따른 프리코더(Precoder)를 생성하기 위한 채널 집합을 구성하는 과정과, 서비스를 제공할 사용자별로 상기 채널 집합에서 소정 채널을 제거할 경우, 시스템 용량(Capacity)이 증가하는 채널을 제거하여 상기 채널 집합을 재구성하는 과정과, 상기 재구성된 채널 집합을 이용하여 상기 프리코더를 생성하는 과정과, 상기 프리코더를 이용하여 상기 다중 사용자들로 전송할 신호를 프리코딩(Precoding)하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <18> 본 발명의 제 3 견지에 따르면, 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템에서 간섭 제거 장치는, 서비스를 제공한 사용자들 간의 간섭 제거를 위해 블록 대각화(Block Diagonalization)에 따른 프리코더(Precoder)를 생성하기 위한 채널 집합을 구성하고, 상기 채널 집합에서 소정 채널을 제거할 경우, 시스템 용량(Capacity)이 증가하는 채널을 제거하여 상기 채널 집합을 재구성하는 채널 집합 구성기와, 상기 채널 집합을 이용하여 프리코더를 생성하는 프리코더 생성기와 상기 생성된 프리코더를 이용하여 상기 사용자들로 전송할 신호를 프리코딩(Precoding)하는 프리코더를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 구성 및 작용

- <19> 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.
- <20> 이하 본 발명은 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템에서 시스템 용량의 저하 없이 상기 다중 사용자들 간의

간섭을 제거하기 위한 기술에 대해 설명한다.

- <21> 이하 설명은 상기 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템에서 상기 다중 사용자들 간의 간섭을 제거하기 위한 프리코딩(Precoding) 기법으로 블록 대각화(Block Diagonalization) 기법을 사용하는 것을 예를 들어 설명한다. 따라서, 상기 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템은 상기 블록 대각화 기법에서 프리코더를 생성하기 위한 채널 집합 구성 방식을 변경하여 상기 시스템 용량 저하를 방지한다.
- <22> 도 1은 본 발명에 따른 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템의 구성을 도시하고 있다.
- <23> 상기 도 1에 도시된 바와 같이 상기 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템은 다수 개의 안테나(N_T 개)를 구비하는 기지국(100)과 상기 기지국으로부터 서비스를 제공받는 다수의 단말들(110, 120)로 구성된다. 이하 설명에서 상기 단말들(110, 120)은 동일한 구성으로 동일하게 동작하므로 상기 단말 1(110)을 대표로 설명한다.
- <24> 상기 기지국(100)은 사용자 선택기(101), 채널 집합 구성기(103) 및 프리코더(105)를 포함하여 구성된다.
- <25> 먼저 상기 사용자 선택기(101)는 서비스 영역에 포함되는 단말들로부터 수신된 피드백 정보를 이용하여 스케줄링을 통해 서비스를 제공할 단말들을 선택한다.
- <26> 상기 채널 집합 구성기(103)는 상기 프리코더(105)에서 상기 사용자 선택기(101)에서 선택된 사용자들로 전송할 신호들 간의 간섭을 제거하기 위한 프리코더를 생성할 수 있도록 채널 집합을 구성하여 출력한다. 이때, 상기 채널 집합 구성기(103)는 상기 블록 대각화 기법을 통해 프리코더를 생성할 때 시스템 용량이 저하되지 않도록 하는 채널 집합을 구성한다. 예를 들어, 하기 <수학식 1>은 상기 블록 대각화 기법을 이용하여 프리코더를 생성하기 위한 전체 채널 집합을 나타낸다.

수학식 1

$$H = \begin{bmatrix} 0 & H_{1,2} & H_{1,3} & H_{1,4} \\ H_{2,1} & 0 & H_{2,3} & H_{2,4} \\ H_{3,1} & H_{3,2} & 0 & H_{3,4} \\ H_{4,1} & H_{4,2} & H_{4,3} & 0 \end{bmatrix}$$

- <27>
- <28> 여기서, H는 상기 프리코더를 생성하기 위한 전체 채널 집합을 나타낸다. 여기서, 상기 H의 행(row)은 채널을 나타내고, 열(column)은 사용자를 나타낸다. 따라서, 상기 $H_{i,j}$ 는 i번째 사용자의 j번째 채널을 나타낸다.
- <29> 이때, 상기 채널 집합 구성기(103)는 상기 전체 채널 집합에서 채널 제거 시, 시스템 용량이 증대되는 채널들을 제거하여 상기 프리코더를 생성하기 위한 채널 집합을 구성한다(하기 도 2에서 상세히 설명한다). 다른 실시 예로 상기 채널 집합 구성기(103)는 상기 전체 채널 집합에서 각각의 사용자별로 채널 제거 시, 시스템 용량이 증대되는 채널들을 제거하여 상기 채널 집합을 구성한다(하기 도 3에서 상세히 설명한다.)
- <30> 상기 프리코더(105)는 상기 채널 집합 구성기(103)로부터 제공받은 채널 집합을 이용하여 프리코더를 생성한다. 이후, 상기 프리코더(105)는 상기 사용자 선택기(101)로부터 제공받은 상기 사용자들로 전송할 데이터들을 상기 프리코더로 프리코딩하여 상기 안테나들을 통해 각각의 단말로 전송한다.
- <31> 상기 단말 1(110)은 채널 추정기(111)와 피드백 제어기(113)를 포함하여 구성된다.
- <32> 상기 채널 추정기(111)는 상기 기지국(100)으로부터 다수의 안테나들을 통해 수신되는 신호를 이용하여 하향링크 채널을 추정한다. 여기서, 상기 채널 추정기(111)는 상기 수신신호에 포함된 파일럿 심볼 또는 파일럿 톤 또는 파일럿 채널을 이용하여 하향링크 채널을 추정한다.
- <33> 상기 피드백 제어기(113)는 상기 채널 추정기(111)로부터 제공받은 채널 추정 값을 상기 기지국(100)으로 피드백한다.
- <34>
- <35> 이하 설명은 상기 기지국에서 블록 대각화를 위한 프리코더를 생성하기 위한 채널 집합을 구성하는 방법에 대해 설명한다. 이하 설명에서 상기 기지국은 N_T 개의 송신 안테나를 구비하고, K명의 사용자에게 서비스를 제공하는

것을 가정하여 설명한다. 이때, 각각의 사용자는 $M_{Ri}(i=1,2, \dots, K)$ 개의 수신 안테나를 구비한다. 여기서, 상기 K 명의 사용자들의 수신 안테나의 총 합은 상기 송신 안테나의 수보다 작거나 같아야 한다.

- <36> 도 2는 본 발명의 실시 예에 따라 기지국에서 블록 대각화를 수행하기 위한 채널 집합을 구성하기 위한 절차를 도시하고 있다.
- <37> 상기 도 2를 참조하면, 먼저 상기 기지국은 201단계에서 서비스 영역에 포함되는 단말들로부터 피드백 신호가 수신되는지 확인한다.
- <38> 상기 피드백 신호가 수신되면, 상기 기지국은 203단계로 진행하여 상기 피드백 신호에 포함된 각 단말들의 채널 정보를 확인한다. 이후, 상기 기지국은 상기 각 단말들의 채널 정보를 이용하여 스케줄링을 통해 서비스를 제공할 K개의 단말을 선택한다.
- <39> 상기 서비스를 제공할 단말들을 선택한 후, 상기 기지국은 205단계로 진행하여 블록 대각화에 따른 프리코더를 생성하기 위한 전체 채널 집합을 구성한다. 예를 들어, 상기 <수학식 1>과 같은 전체 채널 집합을 구성한다. 즉, 상기 전체 채널 집합은 상기 기지국이 각각의 사용자들로 서비스를 제공하는 채널을 제외한 다른 채널들로 구성된다.
- <40> 상기 전체 채널 집합을 구성한 후, 상기 기지국은 207단계로 진행하여 상기 전체 채널 집합에서 한 개의 채널을 제거할 때, 시스템 용량이 가장 크게 향상되는 채널을 선택한다.
- <41> 상기 채널을 선택한 후, 상기 기지국은 209단계로 진행하여 상기 전체 채널 집합에서 상기 선택된 채널을 제거한다.
- <42> 이후, 상기 기지국은 211단계로 진행하여 상기 채널 집합에서 채널을 제거할 경우, 시스템 용량이 증가하는 채널이 존재하는지 확인한다.
- <43> 만일, 상기 채널 집합에서 채널을 제거하는 경우, 시스템 용량이 증가하는 채널이 존재하는 경우, 상기 기지국은 상기 207단계로 되돌아가 상기 채널 집합에서 채널을 제거할 때, 시스템 용량이 가장 크게 향상되는 채널을 선택한다.
- <44> 한편, 상기 채널 집합에서 채널을 제거하는 경우, 시스템 용량이 증가하는 채널이 존재하지 않는 경우, 상기 기지국은 213단계로 진행하여 상기 채널 집합을 이용하여 프리코더를 생성한다. 이때, 상기 기지국은 각각의 사용자별로 다른 사용자와의 간섭을 제거하기 위한 프리코더를 생성한다. 예를 들어, i번째 사용자의 프리코더를 생성하기 위한 전체 채널 집합에서 두 번째 채널과 (K-1)번째 채널을 제거한 경우, 상기 i번째 사용자의 채널 집합은 하기 <수학식 2>와 같이 구성된다.

수학식 2

$$\tilde{H}_i = [H_1^T, H_3^T, H_{(i-1)}^T, H_{(i+1)}^T, \dots, H_{(K-2)}^T, H_K^T]^T$$

- <46> 여기서, 상기 \tilde{H}_i 는 상기 i번째 사용자의 채널 집합을 나타낸다. 만일, 상기 i번째 사용자가 i번째 채널 사용하는 경우, 상기 i번째 사용자의 전체 채널 집합은 상기 i번째 채널을 제외한 모든 채널로 구성된다. 이때, 상기 시스템 용량을 증가시키기 위해 두 번째 채널과 (K-1)번째 채널을 제거한 경우, 상기 i번째 사용자의 채널 집합은 상기 <수학식 2>와 같이 구성된다.

- <47> 상기 <수학식 2>에서 i번째 사용자의 채널 집합(\tilde{H}_i)에 SVD(Singular Value Decomposition)를 적용하면 하기 <수학식 3>과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$\tilde{H}_i = \tilde{U}_i \tilde{\Sigma}_i [\tilde{V}_i^{(1)} \tilde{V}_i^{(0)}]^H$$

- <49> 여기서, 상기 \tilde{H}_i 는 상기 i번째 사용자의 채널 집합을 나타내고, 상기 \tilde{U}_i 와 \tilde{V}_i 는 상기 i번째 사용자의 채널

널 집합의 좌측 고유벡터와 우측 고유벡터를 행(column)으로 갖는 행렬을 나타낸다. 여기서, 상기 \tilde{H}_i 의 랭크(Rank)가 L인 경우, 상기 $\tilde{V}_i^{(1)}$ 은 상기 L에 대한 고유벡터를 나타내고, 상기 $\tilde{V}_i^{(0)}$ 는 상기 \tilde{H}_i 의 랭크(Rank)를 제외한 고유벡터를 나타낸다.

<50> 즉, 상기 <수학식 3>에서 상기 $\tilde{V}_i^{(0)}$ 는 상기 \tilde{H}_i 의 영 공간(Null space)을 형성하는 베이스(Basis)를 나타낸다. 따라서, 상기 기지국은 상기 $\tilde{V}_i^{(0)}$ 을 이용하여 i번째 사용자에게 대한 프리코더(F_i)를 설계할 수 있다.

<51> 상기 $\tilde{V}_i^{(0)}$ 을 이용하여 상기 i번째 사용자의 프리코더를 생성하는 경우, 상기 프리코더와 상기 $\tilde{V}_i^{(0)}$ 의 차수(Dimension)이 일치하지 않으므로 하기 <수학식 4>와 같이 SVD를 다시 수행한다.

수학식 4

<52>
$$H_i \tilde{V}_i^{(0)} = U_i \sum_i [V_i^{(1)} V_i^{(0)}]^H$$

<53> 여기서, 상기 H_i 는 상기 i번째 사용자의 채널을 나타내고, 상기 U_i 와 V_i 는 상기 H_i 의 좌측 고유벡터와 우측 고유벡터를 행(column)으로 갖는 행렬을 나타낸다.

<54> 상기 <수학식 4>와 같이 오른쪽 고유 벡터를 상기 $H_i \tilde{V}_i^{(0)}$ 의 랭크만큼 선택하여 얻어진 $V_i^{(1)}$ 와 상기 $\tilde{V}_i^{(0)}$ 는 곱하여 하기 <수학식 5>와 같은 i번째 사용자의 프리코더를 생성한다.

수학식 5

<55>
$$F_i = \tilde{V}_i^{(0)} V_i^{(1)}$$

<56> 여기서, 상기 F_i 는 i번째 사용자의 프리코더를 나타내고, 상기 $V_i^{(1)}$ 는 상기 <수학식 4>와 같이 오른쪽 고유 벡터를 상기 $H_i \tilde{V}_i^{(0)}$ 의 랭크만큼 선택하여 얻어진 고유 벡터를 나타내며, 상기 $\tilde{V}_i^{(0)}$ 는 상기 \tilde{H}_i 의 랭크(Rank)를 제외한 고유벡터를 나타낸다.

<57> 상술한 바와 같이 i번째 사용자의 프리코더를 생성하는 경우, 상기 기지국에서 서비스를 제공한 사용자들의 프리코더는 하기 <수학식 6>과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 6

<58>
$$F = [\tilde{V}_1^{(0)} V_1^{(1)}, \tilde{V}_2^{(0)} V_2^{(1)}, \dots, \tilde{V}_K^{(0)} V_K^{(1)}]$$

<59> 여기서, 상기 F는 상기 기지국에서 생성한 서비스를 제공할 사용자들의 프리코더를 나타내고, 상기 $\tilde{V}_i^{(0)} V_i^{(1)}$ 는 i번째 사용자의 프리코더를 나타낸다.

<60> 상기 블록 대각화를 수행하기 위한 프리코더를 생성한 후, 상기 기지국은 215단계로 진행하여 상기 프리코더를 이용하여 각각의 사용자들로 전송할 신호를 프리코딩한다.

<61> 이후, 상기 기지국은 본 알고리즘을 종료한다.

<62> 도 3은 본 발명의 다른 실시 예에 따라 기지국에서 블록 대각화를 수행하기 위한 채널 집합을 구성하기 위한 절차를 도시하고 있다.

<63> 상기 도 3을 참조하면, 먼저 상기 기지국은 301단계에서 서비스 영역에 포함되는 단말들로부터 피드백 신호가

수신되는지 확인한다.

- <64> 상기 피드백 신호가 수신되면, 상기 기지국은 303단계로 진행하여 상기 피드백 신호에 포함된 각 단말들의 채널 정보를 확인한다. 이후, 상기 기지국은 상기 각 단말들의 채널 정보를 이용하여 스케줄링을 통해 서비스를 제공할 K개의 단말을 선택한다.
- <65> 상기 서비스를 제공할 단말들을 선택한 후, 상기 기지국은 305단계로 진행하여 블록 대각화에 따른 프리코더를 생성하기 위한 전체 채널 집합을 구성한다. 예를 들어, 상기 <수학식 1>과 같은 전체 채널 집합을 구성한다. 즉, 상기 전체 채널 집합은 상기 기지국이 각각의 사용자들로 서비스를 제공하는 채널을 제외한 다른 채널들로 구성된다.
- <66> 상기 전체 채널 집합을 구성한 후, 상기 기지국은 307단계로 진행하여 상기 채널 집합에서 한 개의 채널을 제거할 때, 시스템 용량이 가장 크게 향상되는 채널을 각각의 사용자에게 대한 채널 집합에서 선택한다.
- <67> 상기 사용자 채널 집합에서 각각의 채널을 선택한 후, 상기 기지국은 309단계로 진행하여 상기 전체 채널 집합에서 상기 선택된 채널을 제거한다.
- <68> 이후, 상기 기지국은 311단계로 진행하여 상기 채널 집합에서 채널을 제거할 경우, 시스템 용량이 증가하는 채널이 존재하는지 확인한다.
- <69> 만일, 상기 채널 집합에서 채널을 제거하는 경우, 시스템 용량이 증가하는 채널이 존재하는 경우, 상기 기지국은 상기 307단계로 되돌아가 상기 채널 집합에서 채널을 제거할 때, 시스템 용량이 가장 크게 향상되는 채널을 선택한다.
- <70> 한편, 상기 채널 집합에서 채널을 제거하는 경우, 시스템 용량이 증가하는 채널이 존재하지 않는 경우, 상기 기지국은 313단계로 진행하여 상기 채널 집합을 이용하여 프리코더를 생성한다. 이때, 상기 기지국은 각각의 사용자별로 다른 사용자와의 간섭을 제거하기 위한 프리코더를 생성한다. 여기서, 상기 기지국은 상기 <수학식 2>부터 상기 <수학식 6>과 같이 상기 프리코더를 생성한다.
- <71> 상기 블록 대각화를 수행하기 위한 프리코더를 생성한 후, 상기 기지국은 315단계로 진행하여 상기 프리코더를 이용하여 각각의 사용자들로 전송할 신호를 프리코딩한다.
- <72> 이후, 상기 기지국은 본 알고리즘을 종료한다.
- <73> 도 4는 본 발명의 실시 예에 따라 시스템 용량 변화 그래프를 도시하고 있다. 이하 설명에서 가로축은 신호대 잡음비(Signal to Noise Ratio)를 나타내고, 세로축은 시스템 용량(Capacity)을 나타낸다. 여기서, 상기 기지국은 4개의 안테나를 구비하고, 상기 기지국은 4개의 단말로 서비스를 제공한다. 이때, 상기 단말들은 각각 1개의 수신안테나를 구비한다.
- <74> 상기 도 4에 도시된 바와 같이 상기 기지국에서 각각의 안테나들이 10λ의 거리를 갖고, 각도 퍼짐이 180인 경우, 본 발명에 따라 채널 집합을 재구성하여 블록 대각화를 수행하는 경우(GALO(Greedy Approach Local Optimum scheme), GASO(Greedy Approach Sub Optimum scheme)), 종래 기술에 따른 블록 대각화 기법보다 시스템 용량이 증가한다.
- <75> 또한, 본 발명에 따라 채널 집합을 재구성하여 블록 대각화를 수행하는 경우, 상기 시스템 용량이 이상적인(idle) 프리코딩에 따른 시스템 용량에 근접한 성능을 갖는다.
- <76> 도 5는 본 발명의 다른 실시 예에 따라 시스템 용량 변화 그래프를 도시하고 있다. 이하 설명에서 가로축은 신호대 잡음비(Signal to Noise Ratio)를 나타내고, 세로축은 시스템 용량(Capacity)을 나타낸다. 여기서, 상기 기지국은 4개의 안테나를 구비하고, 상기 기지국은 4개의 단말로 서비스를 제공한다. 이때, 상기 단말들은 각각 1개의 수신안테나를 구비한다.
- <77> 상기 도 5에 도시된 바와 같이 상기 기지국에서 각각의 안테나들이 4λ의 거리를 갖고, 각도 퍼짐이 4인 경우, 본 발명에 따라 채널 집합을 재구성하여 블록 대각화를 수행하는 경우(GALO, GASO), 종래 기술에 따른 블록 대각화 기법보다 시스템 용량이 증가한다.
- <78> 또한, 본 발명에 따라 채널 집합을 재구성하여 블록 대각화를 수행하는 경우, 상기 시스템 용량이 이상적인(idle) 프리코딩에 따른 시스템 용량에 근접한 성능을 갖는다.
- <79> 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.

발명의 효과

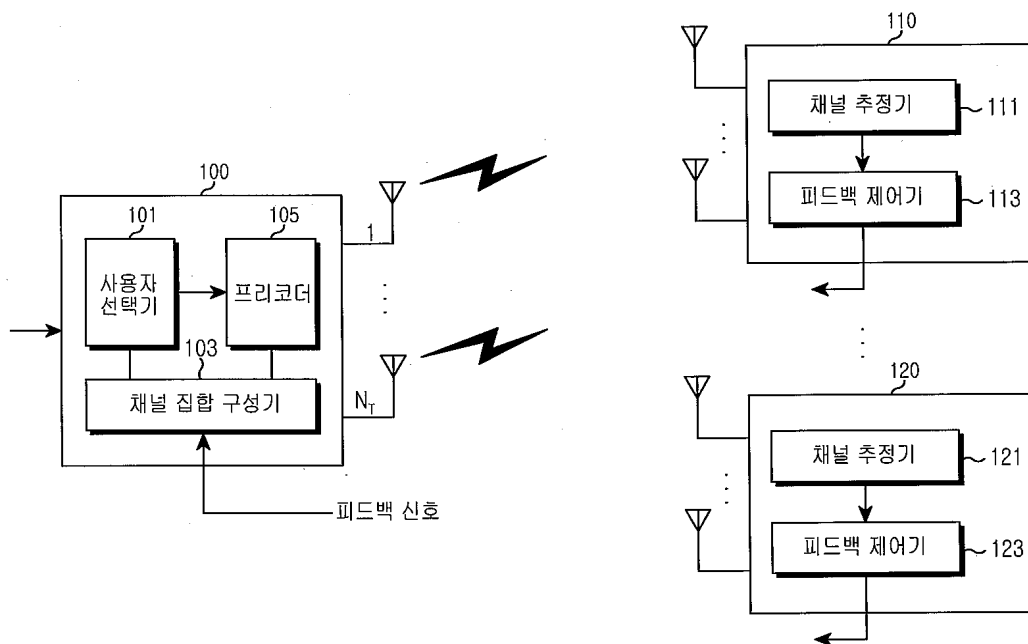
<80> 상술한 바와 같이, 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템에서 블록 대각화를 사용하는 경우, 서로 다른 사용자들의 채널이 중첩된 부분 공간(Subspace)을 제거하지 않고 프리코더를 생성함으로써, 시스템 용량의 저하 없이 상기 다중 사용자들 간의 간섭을 제거할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

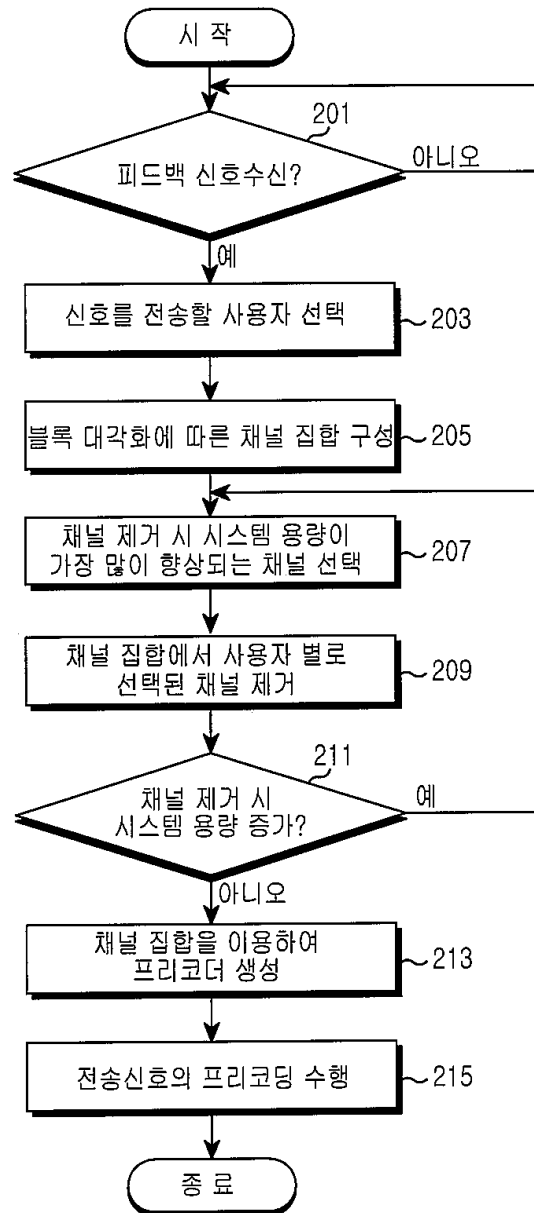
- <1> 도 1은 본 발명에 따른 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템의 구성을 도시하는 도면,
- <2> 도 2는 본 발명의 실시 예에 따라 기지국에서 블록 대각화를 수행하기 위한 채널 집합을 구성하기 위한 절차를 도시하는 도면,
- <3> 도 3은 본 발명의 다른 실시 예에 따라 기지국에서 블록 대각화를 수행하기 위한 채널 집합을 구성하기 위한 절차를 도시하는 도면,
- <4> 도 4는 본 발명의 실시 예에 따라 시스템 용량을 변화를 도시하는 그래프, 및
- <5> 도 5는 본 발명의 다른 실시 예에 따라 시스템 용량을 변화를 도시하는 그래프.

도면

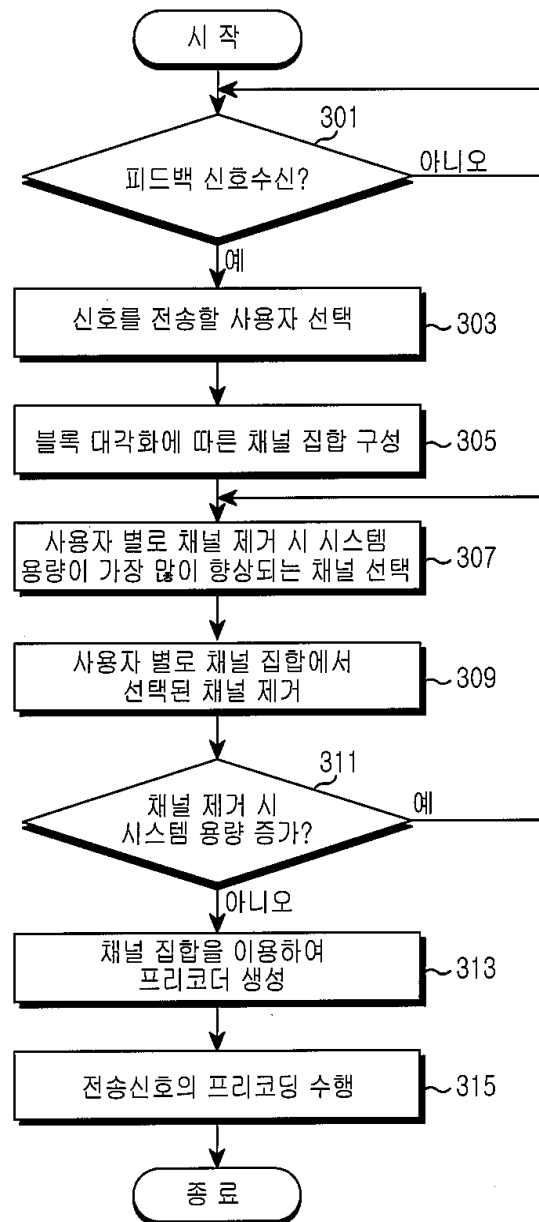
도면1



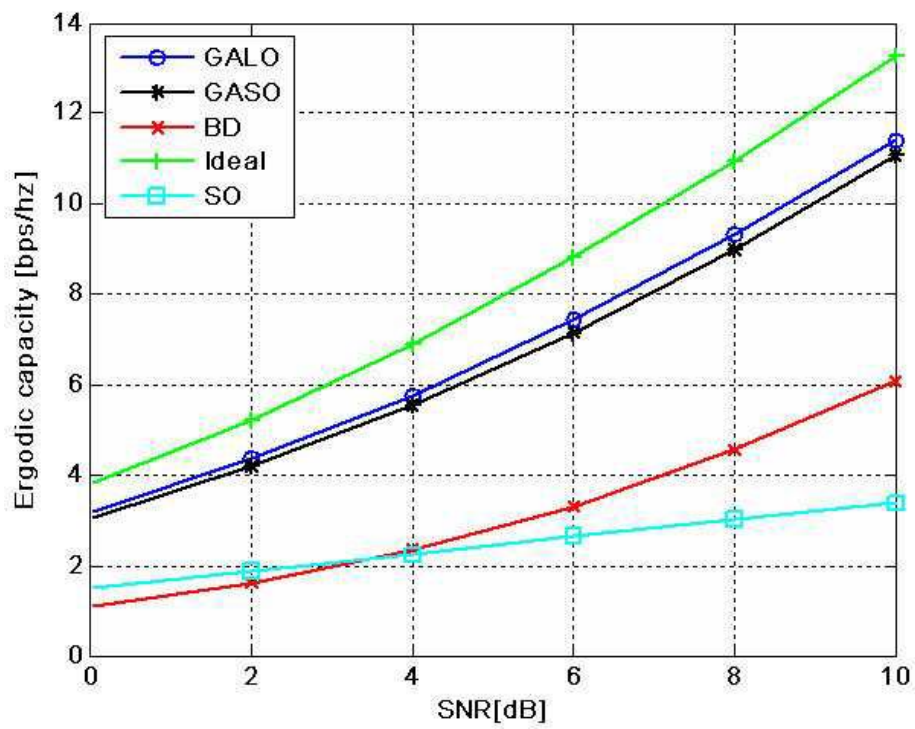
도면2



도면3



도면4



도면5

