



(11) 공개번호 10-2015-0065044

(43) 공개일자 2015년06월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04W 72/12 (2009.01) *H04W 52/04* (2009.01)

(21) 출원번호 10-2013-0150107

(22) 출원일자 2013년12월04일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

서상욱

경기도 용인시 수지구 성북2로 174 성동마을수지
자이아파트 111동 506호

홍대식

서울특별시 용산구 이촌로 347 신동아아파트 7동
307호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이전주, 김정훈

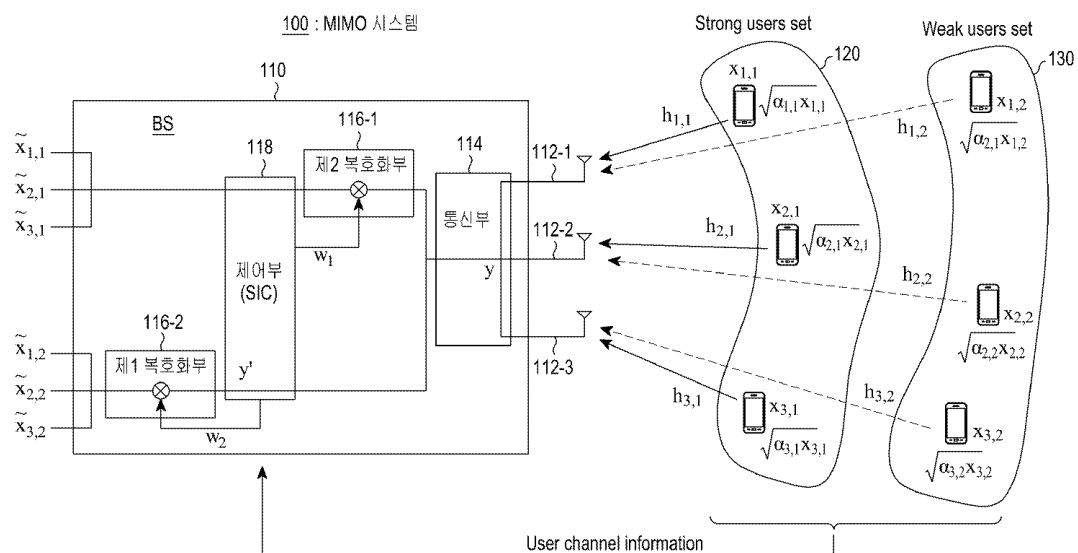
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 다중 입출력 시스템에서 상향링크 스케줄링 방법 및 장치

(57) 요약

다중 사용자 다중 입출력 시스템에서 기지국의 상향링크 스케줄링 방법에 있어서, 단말들 각각으로부터 수신한 채널 정보를 이용하여 상기 단말들 중 동시 전송을 위한 적어도 하나의 집합의 구성원을 선택하는 과정과, 상기 적어도 하나의 집합 각각에 대한 전력 제어값을 생성하여 해당 집합을 구성한 단말들에게 송신하는 과정을 포함하며; 상기 적어도 하나의 집합은 상기 단말들 중 수신 전력이 높은 순으로 선택된 단말들로 구성된 제1집합의 구성원에서 제외된 나머지 단말들 중 상기 제1집합에 미치는 간섭량에 따라 선택된 단말들로 구성된 제2집합을 포함함을 특징으로 한다.

대표도



(72) 발명자

김범주

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제2공학관 715호

임성복

서울특별시 성동구 독서당로 218 삼성아파트 104동 1001호

정원석

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제2공학관 715호

명세서

청구범위

청구항 1

다중 사용자 다중 입출력 시스템에서 기지국의 상향링크 스케줄링 방법에 있어서,

단말들 각각으로부터 수신한 채널 정보를 이용하여 상기 단말들 중 동시 전송을 위한 적어도 하나의 집합의 구성원을 선택하는 과정과,

상기 적어도 하나의 집합 각각에 대한 전력 제어값을 생성하여 해당 집합을 구성한 단말들에게 송신하는 과정을 포함하며;

상기 적어도 하나의 집합은 상기 단말들 중 수신 전력이 높은 순으로 선택된 단말들로 구성된 제1집합의 구성원에서 제외된 나머지 단말들 중 상기 제1집합에 미치는 간섭량에 따라 선택된 단말들로 구성된 제2집합을 포함함을 특징으로 하는 상향링크 스케줄링 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1집합과 및 상기 제2집합의 구성원들은 각각 상기 기지국이 구비한 송신 안테나들의 수에 상응함을 특징으로 하는 상향링크 스케줄링 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제2집합의 구성원들은,

상기 나머지 단말들 각각의 수신 전력과, 상기 나머지 단말들 각각이 상기 제1집합에게 미치는 간섭량의 차이값이 큰 순으로 선택됨을 특징으로 하는 상향링크 스케줄링 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 전력 제어값을 생성하는 과정은,

상기 제1집합의 구성원들에게 최대 전력의 신호로 전송하도록 지시하는 제1전력 제어값을 생성하는 과정과;

상기 제2집합의 구성원들에게 상기 최대 전력 또는 상기 최대 전력보다 낮게 설정된 특정 전력으로 전송하도록 지시하는 제2전력 제어값을 생성함을 특징으로 하는 상향링크 스케줄링 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제2전력 제어값을 생성하는 과정은,

상기 제1집합의 수신 전력이 상기 간섭량보다 크거나 같은 경우, 상기 최대 전력으로 전송하도록 지시하는 상기 제2 전력 제어값을 생성하고, 상기 제1 집합의 수신 전력이 상기 간섭량 보다 작은 경우, 상기 특정 전력으로 전송하도록 지시하는 상기 제2전력 제어값을 생성하는 과정을 포함하는 상향링크 스케줄링 방법.

청구항 6

다중 사용자 다중 입출력 시스템에서 단말의 상향링크 스케줄링 정보를 수신하는 방법에 있어서,

기지국으로부터 전력 제어값을 수신하는 과정과,

상기 전력 제어값에 따라 조정된 전력을 기반으로 상기 기지국에게 신호를 송신하는 과정을 포함하며;

상기 단말은 상기 기지국의 셀 내에 위치한 단말들 중 수신 전력이 높은 순으로 선택된 단말들로 구성된 제1집합과 상기 선택된 단말들을 제외한 나머지 단말들 중 상기 제1집합에 미치는 간섭량에 따라 선택된 단말들로 구성된 제2집합 중 하나의 구성원임을 특징으로 하는 상향링크 스케줄링 정보 수신 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제1집합과 및 상기 제2집합의 구성원들은 각각 상기 기지국이 구비한 송신 안테나들의 수에 상응함을 특징으로 하는 상향링크 스케줄링 정보 수신 방법.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 제2집합의 구성원들은,

상기 나머지 단말들 각각의 수신 전력과, 상기 나머지 단말들 각각이 상기 제1집합에게 미치는 간섭량의 차이값이 큰 순으로 선택됨을 특징으로 하는 상향링크 스케줄링 정보 수신 방법.

청구항 9

제6항에 있어서, 상기 전력 제어값은,

상기 제1집합의 구성원들에게 최대 전력의 신호로 전송하도록 지시하는 제1전력 제어값과, 상기 제2집합의 구성원들에게 상기 최대 전력 또는 상기 최대 전력보다 낮게 설정된 특정 전력으로 전송하도록 지시하는 제2 전력 제어값을 포함함을 특징으로 하는 상향링크 정보 수신 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 제2전력 제어값은,

상기 제1집합의 수신 전력이 상기 간섭량보다 크거나 같은 경우, 상기 최대 전력으로 전송하도록 지시하고, 상기 제1 집합의 수신 전력이 상기 간섭량 보다 작은 경우, 상기 특정 전력으로 전송하도록 지시함을 특징으로 하는 상향링크 정보 수신 방법.

청구항 11

다중 사용자 다중 입출력 시스템에서 상향링크 스케줄링을 수행하는 기지국에 있어서,

단말들 각각으로부터 수신한 채널 정보를 이용하여 상기 단말들 중 동시 전송을 위한 적어도 하나의 집합의 구성원을 선택하고, 상기 적어도 하나의 집합 각각에 대한 전력 제어값을 생성하여 해당 집합을 구성한 단말들에게 송신하도록 제어하는 제어부를 포함하며;

상기 적어도 하나의 집합은 상기 단말들 중 수신 전력이 높은 순으로 선택된 단말들로 구성된 제1집합의 구성원에서 제외된 나머지 단말들 중 상기 제1집합에 미치는 간섭량에 따라 선택된 단말들로 구성된 제2집합을 포함함

을 특징으로 하는 기지국.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제1집합과 및 상기 제2집합의 구성원들은 각각 상기 기지국이 구비한 송신 안테나들의 수에 상응함을 특징으로 하는 기지국.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 제2집합의 구성원들은, 상기 나머지 단말들 각각의 수신 전력과, 상기 나머지 단말들 각각이 상기 제1집합에게 미치는 간섭량의 차이값이 큰 순으로 선택됨을 특징으로 하는 기지국.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 제1집합의 구성원들에게 최대 전력의 신호로 전송하도록 지시하는 제1전력 제어값을 생성하고, 상기 제2집합의 구성원들에게 상기 최대 전력 또는 상기 최대 전력보다 낮게 설정된 특정 전력으로 전송하도록 지시하는 제2 전력 제어값을 생성함을 특징으로 하는 기지국.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 제1집합의 수신 전력이 상기 간섭량보다 크거나 같은 경우, 상기 최대 전력으로 전송하도록 지시하는 상기 제2 전력 제어값을 생성하고, 상기 제1 집합의 수신 전력이 상기 간섭량 보다 작은 경우, 상기 특정 전력으로 전송하도록 지시하는 상기 제2전력 제어값을 생성함을 특징으로 하는 기지국.

청구항 16

다중 사용자 다중 입출력 시스템에서 상향링크 스케줄링 정보를 수신하는 단말에 있어서,

기지국으로부터 전력 제어값을 수신하면, 상기 전력 제어값에 따라 조정된 전력을 기반으로 상기 기지국에게 신호를 송신하도록 제어하는 제어부를 포함하며,

상기 단말은 상기 기지국의 셀 내에 위치한 단말들 중 수신 전력이 높은 순으로 선택된 단말들로 구성된 제1집합 또는 상기 선택된 단말들을 제외한 나머지 단말들 중 상기 제1집합에 미치는 간섭량에 따라 선택된 단말들로 구성된 제2집합 중 하나의 구성원임을 특징으로 하는 단말.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 제1집합과 및 상기 제2집합의 구성원들은 각각 상기 기지국이 구비한 송신 안테나들의 수에 상응함을 특징으로 하는 단말.

청구항 18

제16항에 있어서,

상기 제2집합의 구성원들은

상기 나머지 단말들 각각의 수신 전력과, 상기 나머지 단말들 각각이 상기 제1집합에게 미치는 간섭량의 차이값이 큰 순으로 선택됨을 특징으로 하는 단말.

청구항 19

제16항에 있어서,

상기 전력 제어값은,

상기 제1집합의 구성원들에게 최대 전력의 신호로 전송하도록 지시하는 제1전력 제어값과, 기 제2집합의 구성원들에게 상기 최대 전력 또는 상기 최대 전력보다 낮게 설정된 특정 전력으로 전송하도록 지시하는 제2 전력 제어값을 포함함을 특징으로 하는 단말.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 제2전력 제어값은,

상기 제1집합의 수신 전력이 상기 간섭량보다 크거나 같은 경우, 상기 최대 전력으로 전송하도록 지시하고, 상기 제1 집합의 수신 전력이 상기 간섭량 보다 작은 경우, 상기 특정 전력으로 전송하도록 지시함을 특징으로 하는 단말.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 다중 사용자 다중 입출력 시스템에서 상향링크 스케줄링 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

상향링크 다중 사용자 다중 입출력 시스템(Multiuser Multiple-Input and Multiple-Output System: Multiuser MIMO System)은 상향링크 다중 안테나 환경에서 사용자 별 선행 부호화 기법 (Pre-coding) 또는 후행 부호화 기법(Post-coding)을 이용하여 다중 사용자를 지원한다.

[0003]

상향링크 다중 안테나 환경에서의 다중 사용자를 지원하기 위한 방법은 크게 상향링크 직교 다중 접속(Orthogonal Multiple Access: OMA) 방식과 상향링크 비 직교 다중 접속(Non Orthogonal Multiple Access: NOMA) 방식으로 나눌 수 있다. 상향링크 OMA 방식은 다중 사용자의 수 또는 다중 사용자의 총 안테나 수가 하나의 기지국에 구비된 안테나 수보다 적을 때 다중 사용자를 지원한다. 다시 말해, 상향링크 OMA 방식은 사용자당 공간 자원(space resource)을 나누어 사용한다. 따라서, 상향링크 환경에서 기지국이 간섭 제거 빔포밍(zero-forcing beam forming) 기반의 후행 부호화 기법을 사용하는 경우, 상향링크 사용자 간 간섭은 존재하지 않는다. 그러나, 동시에 지원할 수 있는 사용자 수(동시 사용자 수)는 기지국의 안테나 수 즉, 수신단의 안테나 수에 의해 제한된다. 이로 인해 통신 용량(channel capacity 또는 Sum capacity)의 향상에 한계가 있다. 여기서, 간섭 제거 빔포밍은 사용자 간 간섭을 제거하기 위해 각 사용자의 빔 방향을 다른 사용자의 빔 방향과 직교하도록 구성하여 사용자 간 간섭을 없애는 방식을 일컫는다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0004] 상향링크 NOMA 방식은 다중 사용자 단말의 수 즉, 다중 사용자 단말의 총 안테나 수가 수신단(또는 기지국)의 안테나 수 이상일 때 다중 사용자 단말을 지원한다. 이러한 상향링크 NOMA 방식을 통해 기지국 안테나 수 이상의 사용자(들)를 동시에 지원할 수 있다. 하지만, 기지국에서 후행 부호화 기법 수행 시, 사용자 간 직교성이 유지되지 않는다. 이로 인해 사용자 간 간섭이 발생하게 되어 통신 용량의 성능 열화가 발생할 수 있다.
- [0005] 하향링크 환경에서 하나의 빔을 여러 사용자 단말이 공유하는 형태의 NOMA 운용 방법이 제안되었지만, 그 운용 방법은 하향링크 환경에서 선행 부호화 기법만을 적용하도록 제안된 것이기 때문에, 상향링크 환경에 적용할 수 없다.
- [0006] 따라서, 본 발명은 수신단의 안테나 수 이상의 사용자 단말(들)을 지원하는 상향링크 다중 입출력 시스템에서, 사용자 단말들 간에 발생하는 간섭으로 인해 발생하는 성능 열화를 줄이고, 통신 용량을 향상시킬 수 있는 스케줄링 방법 및 장치를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명의 실시 예에 따른 방법은; 다중 사용자 다중 입출력 시스템에서 기지국이 상향링크 전력을 제어하는 방법에 있어서, 단말들 각각으로부터 수신한채널 정보를 이용하여 상기 단말들 중 동시 전송을 위한 적어도 하나의 집합의 구성원들을 선택하는 과정과, 상기 적어도 하나의 집합 각각에 대한 전력 제어값을 생성하여 해당 집합을 구성한 단말들에게 송신하는 과정을 포함하며; 상기 적어도 하나의 집합은 상기 단말들 중 수신 전력이 높은 순으로 선택된 단말들로 구성된 제1집합의 구성원에서 제외된 나머지 단말들 중 상기 제1집합에 미치는 간섭량에 따라 선택된 단말들로 구성된 제2집합을 포함함을 특징으로 한다.
- [0008] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 방법은; 다중 사용자 다중 입출력 시스템에서 단말이 상향링크 전력을 제어하는 방법에 있어서, 기지국으로부터 전력 제어값을 수신하는 과정과, 상기 전력 제어값에 따라 조정된 전력을 기반으로 상기 기지국에게 신호를 송신하는 과정을 포함하며; 상기 단말은 상기 기지국의 셀 내에서 상기 단말들 중 수신 전력이 높은 순으로 선택된 단말들로 구성된 제1집합 또는 상기 선택된 단말들을 제외한 나머지 단말들 중 상기 제1집합에 미치는 간섭량에 따라 선택된 단말들로 구성된 제2집합 중 하나의 구성원임을 특징으로 한다.
- [0009] 본 발명의 실시 예에 따른 장치는; 다중 사용자 다중 입출력 시스템에서 기지국이 상향링크 전력을 제어하는 기지국에 있어서, 단말들 각각으로부터 수신한채널 정보를 이용하여 상기 단말들 중 동시 전송을 위한 적어도 하나의 집합의 구성원들을 선택하고, 상기 적어도 하나의 집합 각각에 대한 전력 제어값을 생성하여 해당 집합을 구성한 단말들에게 송신하도록 제어하는 제어부를 포함하며; 상기 적어도 하나의 집합은 상기 단말들 중 수신 전력이 높은 순으로 선택된 단말들로 구성된 제1집합의 구성원에서 제외된 나머지 단말들 중 상기 제1집합에 미치는 간섭량에 따라 선택된 단말들로 구성된 제2집합을 포함한다.
- [0010] 본 발명의 실시 예에 따른 다른 장치는; 다중 사용자 다중 입출력 시스템에서 단말이 상향링크 전력을 제어하는 방법에 있어서, 기지국으로부터 전력 제어값을 수신하면, 상기 전력 제어값에 따라 조정된 전력을 기반으로 상기 기지국에게 신호를 송신하도록 제어하는 제어부를 포함하며, 상기 단말은 상기 기지국의 셀 내에서 상기 단말들 중 수신 전력이 높은 순으로 선택된 단말들로 구성된 제1집합 또는 상기 선택된 단말들을 제외한 나머지 단말들 중 상기 제1집합에 미치는 간섭량에 따라 선택된 단말들로 구성된 제2집합 중 하나의 구성원임을 특징으로 한다.

도면의 간단한 설명

- [0011] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 상향링크 다중 사용자 MIMO 시스템의 전체 구성을 개략적으로 보여주는 구성도,
 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 strong users set을 결정하는 방법을 나타내는 순서도,
 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 weak users set을 결정하는 방법을 나타내는 순서도,
 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 기지국의 전체 동작 흐름도

도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 사용자 단말의 전체 동작 흐름도.

도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 상향링크 데이터 전송 후, SIC를 수행하는 기지국에서의 사용자 단말의 신호를 복호화 동작의 흐름도,

도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 BS의 블록 구성도,

도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 사용자 단말의 블록 구성도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예에 대한 동작 원리를 상세히 설명한다. 도면상에 표시된 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 참조번호로 나타내었으며, 다음에서 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0013] 이하, 상향링크에서 기지국이 구비한 안테나 수 이상의 사용자 단말들을 지원하는 (Non Orthogonal Multiple Access: NOMA) MIMO 시스템에서 간섭으로 인해 발생하는 성능 열화를 줄이고, 통신 용량을 향상시킬 수 있는 방안을 제공한다.

[0014] 이를 위해, 아래의 실시 예에서는, 사용자(단말 또는 송신 장치)의 채널 정보(User channel information)를 이용하여 사용자들을 클러스터링(clustering)하여, 통신용량을 향상시킬 수 있는 사용자 집합을 형성하는 기법과 사용자 집합 간 전력 제어 기법을 제안한다.

[0015] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예에 대해 상세히 설명하기로 한다. 한편, 이하의 설명에서는 송신단을 정의하는 용어 '사용자(user)', '단말(terminal)', '사용자 단말' 또는 '송신 장치'들이 혼용될 수 있으며, 특별히 한정하지 않는 이상 이들 용어들은 동일한 의미로 해석된다. 또한, 수신단을 정의하는 용어 '기지국' 또는 '수신 장치'들이 혼용될 수 있으며, 특별히 한정하지 않는 이상 이들 용어들은 또한 동일한 의미로 해석된다. 또한 이하의 설명에서는 용어 '데이터', '정보', '파라미터', '값' 또는 '신호'가 구분되어 기술하고 있으나, 이들 용어들은 특별히 한정하지 않는 이상 동일한 속성을 갖는 것으로 해석된다.

[0016] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 다중 사용자 MIMO 시스템의 전체 구성을 개략적으로 보여주는 구성도이다.

[0017] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따른 다중 사용자 MIMO 시스템(100)은 기지국 (Base Station: BS)(110)과 상기 BS(110)이 구비한 안테나(112)들의 수보다 많은 다수의 사용자 단말들 $(x_{1,1}, x_{1,2}, x_{2,1}, x_{2,2}, x_{3,1}, x_{3,2})$ 을 포함한다.

[0018] 본 발명의 이해를 돕기 위해, 본 실시 예에서는 각 사용자 단말들 $(x_{1,1}, x_{1,2}, x_{2,1}, x_{2,2}, x_{3,1}, x_{3,2})$ 은 단일 안테나를 구비한 것으로 가정한다. 또한, 본 실시 예에서는 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 BS(110)의 안테나들(112-1~3)의 수(M_t)가 3인 경우를 가정한다. 또한, 본 실시 예에서는 셀 내에서 동시에 서비스 제공받는 사용자 단말들 $(x_{1,1}, x_{1,2}, x_{2,1}, x_{2,2}, x_{3,1}, x_{3,2})$ 의 개수가 6인 경우를 가정하여 설명한다. 또한 본 실시 예에서는 6개의 사용자 단말들 $(x_{1,1}, x_{1,2}, x_{2,1}, x_{2,2}, x_{3,1}, x_{3,2})$ 이 일 예로, 2개의 사용자 집합들 (120, 130)로 분류되며, 각 사용자 집합(120, 130)은 기지국의 안테나 수(일 실시 예의 경우 3개)에 대응하는 사용자 단말들로 구성된다. 사용자 집합들의 수는 다른 실시 예에 따라 적어도 2개 이상이 될 수 있다. 사용자 집합들의 수가 다수인 경우에 대해서는 하기에서 상세히 후술하기로 한다. 본 발명의 실시 예에서는 동시 전송을 하는 두 사용자 집합들(120, 130) 중 수신 신호의 크기가 큰 사용자 단말들 $(x_{1,1}, x_{2,1}, x_{3,2})$ 로 구성된 사용자 집합(120)을 'strong users set'이라 명명하며, 상대적으로 수신 신호의 크기가 작은 사용자 단말들로 구성된 사용자 집합(130)을 'weak users set'이라 명명한다.

다.

[0019]

본 발명의 실시 예에 따른 BS(110)는 6개의 사용자 단말 $(x_{1,1}, x_{1,2}, x_{2,1}, x_{2,2}, x_{3,1}, x_{3,2})$ 로부터의 동시 전송으로 인한 간섭 제거를 위해 순차적 간섭 제거 (Successive Interference Cancellation: SIC) 과정을 수행한다. 이때, 상향링크 환경의 경우, 상기 BS(110)는 자신(110)과 가까이 있는 사용자 단말들 $(x_{1,1}, x_{2,1}, x_{3,1})$ 로부터 수신된 신호들에 대해서는 간섭 제거 없이 바로 복호화 (decoding)하며, 상기 단말들 $(x_{1,1}, x_{2,1}, x_{3,1})$ 에 비해 상대적으로 멀리 있는 사용자 단말들 $(x_{1,2}, x_{2,2}, x_{3,2})$ 로부터 수신된 신호들에 대해서는 SIC 과정을 통해 간섭 제거 후 복호화한다.

[0020]

구체적으로, 상기 BS(110)는 통신부(114), 제1 및 제2 복호화부(116-1, 116-2) 및 제어부(118)를 포함한다.

[0021]

상기 통신부(114)는 다수의 사용자 단말 $(x_{1,1}, x_{1,2}, x_{2,1}, x_{2,2}, x_{3,1}, x_{3,2})$ 로부터 전송된 다수의 수신 신호를 수신한다. 여기서, 각 수신 신호는 각 사용자 단말로부터 수신된 사용자 채널 정보(user channel information)를 포함할 수 있다. 또한 아래에서 상세히 설명하겠지만, 상기 통신부(114)는 사용자 단말들 간의 간섭을 완화하기 위해 전송 전력을 제어하는 전송 전력 제어 값(power control factor)를 각 사용자 단말에게 전송한다.

[0022]

상기 제1 복호화부(116-1)는 상기 통신부(114)를 통해 수신된 수신 신호들 중 사용자 단말들 $(x_{1,1}, x_{2,1}, x_{3,1})$ 로부터 수신된 수신 신호들($h_{1,1}$, $h_{2,1}$, $h_{3,1}$)을 복호화한다.

[0023]

상기 제2 복호화부(116-2)는 상기 통신부(114)를 통해 수신된 수신 신호들($h_{1,1}$, $h_{2,1}$, $h_{3,1}$, $h_{1,2}$, $h_{2,2}$, $h_{3,2}$) 중 사용자 단말들 $(x_{1,2}, x_{2,2}, x_{3,2})$ 로부터 수신된 수신 신호들($h_{1,2}$, $h_{2,2}$, $h_{3,2}$)을 복호화한다. 여기서, 상기 제2 복호화부(116-1)는 상기 제어부(118)의 SIC에 따라 간섭 제거된 수신 신호들($h_{1,2}$, $h_{2,2}$, $h_{3,2}$)을 복호화 한다.

[0024]

상기 제어부(118)는 상기 BS의 전반적인 동작을 제어 및 관리하는 구성으로서, 사용자 단말들 $(x_{1,1}, x_{1,2}, x_{2,1}, x_{2,2}, x_{3,1}, x_{3,2})$ 로부터 수신된 수신 신호들 중 사용자 집합(130) 내의 사용자 단말들 $(x_{2,2}, x_{3,1}, x_{3,2})$ 로부터 수신된 신호들에 대해 SIC 과정을 수행한다. 무엇보다도 상기 제어부(118)는 다수의 사용자 단말로부터 수신된 사용자 채널 정보를 이용하여 상기 다수의 사용자 단말을 다수의 사용자 집합으로 분류하고, 분류된 각 사용자 집합 내의 사용자 단말들 간의 간섭을 제거하기 위해 전송 전력 제어 값을 결정하여 이를 사용자 단말들에게 전송하도록 구성된다.

[0025]

이하, 상기 제어부(118)의 동작 관점에 따라 본 발명의 실시 예에 대해 상세히 기술한다.

[0026]

상기 제어부(118)는 상기 다수의 단말 $(x_{1,1}, x_{1,2}, x_{2,1}, x_{2,2}, x_{3,1}, x_{3,2})$ 중 BS(110)를 구비하는 안테나들(112-1~112-3) 수(M_i)에 대응하는 사용자 단말들로 사용자 집합을 형성한다.

[0027]

동일 사용자 집합 내에 속하는 사용자 단말들은 동일한 전력 제어를 수행한다. 예를 들어, strong users set(120)에 포함된 3개 단말들 $(x_{1,1}, x_{2,1}, x_{3,1})$ 의 경우, 각각

$\sqrt{\alpha_{1,1}}, \sqrt{\alpha_{2,1}}, \sqrt{\alpha_{3,1}}$ 의 전력 제어 값을 할당받게 된다. 본 발명의 실시 예에서는 동일 집합 내의 사용자 단말들은 동일한 전력 제어를 수행하므로, $\sqrt{\alpha_{1,1}} = \sqrt{\alpha_{2,1}} = \sqrt{\alpha_{3,1}} = \sqrt{\alpha_1}$ 와 같이 전력 제어 값이 동일하게 설정된다. 마찬가지로, weak users set(130)의 경우에도, 역시 전력 제어 값이 $\sqrt{\alpha_{1,2}} = \sqrt{\alpha_{2,2}} = \sqrt{\alpha_{3,2}} = \sqrt{\alpha_2}$ 와 같이 동일하게 설정된다.

[0028]

두 집합들(120, 130) 내 사용자 단말들은 상기 BS(110) 내의 제어부(118)에 의해 결정된 전력 제어 값을 수신하고, 수신된 상기 전력 제어 값을 통해 간섭 완화를 위한 전력 제어를 수행하고, 수행된 전력 제어에 따라 신호를 송신하게 된다. 이에 따라 상기 BS(110)은 사용자 단말들로부터 전력 제어된 송신 신호들을 각자의 채널($h_{i,j}$)을 통해 수신하게 된다. 이때, $h_{i,j}$ 은 j번째 사용자 집합에 속하는 i번째 사용자의 다중 입출력 채널을 의미한다.

[0029]

예컨대, strong users set(120)에 포함된 3개 단말 $(x_{1,1}, x_{2,1}, x_{3,1})$ 의 송신 신호는 각자의 채널 $(h_{1,1}, h_{2,1}, h_{3,1})$ 을 거쳐 상기 BS(110)에서 수신하게 된다. 이때, BS(110)내의 제어부(118)는 strong users set(120) 내 사용자 단말들간 간섭을 제거하기 위한 후행 부호화(Post-coding) 행렬인 W_1 을 생성하여 제1 복호화부(116-1)로 전달한다. 상기 W_1 은 strong users set(120)의 3개 사용자 단말들 $(x_{1,1}, x_{2,1}, x_{3,1})$ 의 채널을 기반으로 제공된다. 제1 복호화부(116-1)는 상기 제어부(118)로부터 전달받은 후행 부호화 행렬 W_1 과 strong users set(120) 내 3개 사용자 단말들 $(x_{1,1}, x_{2,1}, x_{3,1})$ 의 신호들 간의 곱 연산을 통해 3개 사용자 단말들 $(x_{1,1}, x_{2,1}, x_{3,1})$ 의 신호들을 복호화한다. 하지만 BS(110)에서 수신한 수신 신호(상향링크 신호)는 strong users set(120)과 더불어 weak users set(130) 내 사용자 단말들의 신호들을 포함하기 때문에, 후행 부호화 행렬 W_1 을 이용한 복호화 과정에서도 strong user들과 weak user들 간 간섭이 존재하게 된다.

[0030]

strong user set(120)내의 사용자 단말들 $(x_{1,1}, x_{2,1}, x_{3,1})$ 이 Weak users set(130) 내 사용자 단말들 $(x_{1,2}, x_{2,2}, x_{3,2})$ 에게 미치는 사용자 간 간섭 완화를 위해, 상기 BS(110) 내의 제어부(118)는 제1 복호화부(116-1)에 의해 복호화 된 strong users set(120)의 수신 신호들에 대해 SIC 과정을 수행한다. SIC 과정을 수행한 후, 상기 제어부(118)는 상기 strong user set(120)이 weak users set(130) 내 사용자 단말들에게 영향을 미치는 간섭을 제거하기 위한 후행 부호화(post-coding) 행렬 W_2 를 weak users set(130) 내의 3개 사용자 단말들 $(x_{1,2}, x_{2,2}, x_{3,2})$ 의 각 채널 별로 생성하고, 이를 제2 복호화부(116-2)로 전달한다. 제2 복호화부(116-2)는 상기 제어부(118)로부터 전달받은 후행 부호화 행렬 W_2 와 상기 제어부(118)에 의해 상기 SIC 과정을 거친 3개 사용자 단말들

$(x_{1,2}, x_{2,2}, x_{3,2})$ 의 수신 신호들을 곱 연산하여, 상기 3개 사용자 단말들 $(x_{1,2}, x_{2,2}, x_{3,2})$ 의 수신 신호들 복호화한다. 이렇게 함으로써, weak users set(130) 내 사용자 단말들 $(x_{1,2}, x_{2,2}, x_{3,2})$ 의 수신 신호들은 상기 strong user set(120)에 의한 간섭 없이 복호화될 수 있다.

[0031] 한편, Strong users set(120) 내의 사용자 단말들이 송신한 신호도 weak users set(130) 내의 사용자 단말들이

송신한 신호 때문에, W_1 과의 곱 연산을 거친 후에도 weak users set(130)에서 송신한 신호에 의해 간섭을 받게 된다. 이러한 간섭량은 weak users set(130)의 채널 이득(또는 사용자 단말로부터의 수신 전력)이 작아질수록 함께 작아지는 경향이 있다. 따라서, weak users set(130)에 의해 Strong users set(120)이 영향을 받는 간섭량을 줄이기 위해서는 채널 이득이 작은 단말들을 weak users set(130)으로 형성하면 된다.

[0032] 하지만, weak users set(130)의 채널 이득이 작아질수록 weak users set(130)을 형성하는 사용자 단말들의 수신 신호의 수신 전력은 감소하여, 통신 용량 성능이 감소하게 된다. 따라서 weak users set(130) 내 사용자 단말들의 수신 전력은 높이면서 동시에 weak users set(130)이 strong users set(120) 내의 사용자 단말들에게 미치는 간섭량은 줄일 수 있는 사용자 집합을 형성하는 방법이 요구된다.

[0033] 이에, 본 발명의 실시 예에서는 사용자 채널 정보(user channel information)를 이용하여 동시 전송을 수행할 사용자 집합을 결정하는 알고리즘을 제공한다.

[0034] 이하, 본 발명의 실시 예에 따른 사용자 집합들을 결정하는 방법에 대해 상세히 기술한다.

[0035] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 strong users set을 결정하는 방법을 나타내는 순서도이다. 여기서, 도 2를 구성하는 각 단계들은 도 1의 상기 BS(110)내의 제어부(118)에서 수행될 수 있으며, 편의상 상기 BS(110)에서 수행되는 것으로 설명하기로 한다. 따라서, 특별히 언급하지 않는 이상, 상기 BS(110)가 아래의 각 단계를 수행하는 것으로 한다.

[0036] 도 2를 참조하면, 통신 용량 최대화를 위해 셀 내 상향링크 서비스를 요하는 사용자 단말의 수가 K(여기서, K는 자연수)인 경우를 가정하고, S210에서 BS(110)는 K 개의 사용자 단말들의 각 사용자 채널 정보를 수신하여 획득하는 과정이 수행된다. 일 예로, 각 사용자 채널 정보는 채널 이득(channel gain)으로 나타낸다.

[0037] S220에서 BS(110)는 K개의 사용자 단말들 각각의 채널 이득을 하기 <수학식 1>과 같이 내림차순으로 정렬한다.

수학식 1

$$[h_1 h_2 \dots h_N \dots h_K]$$

[0038]

[0039] S230에서, BS(110)는 K개의 사용자 단말들 중 채널 이득의 크기가 큰 순으로 BS(110)의 안테나 개수(N)에 대응하는 사용자 단말들을 선별하고, 선별된 사용자 단말들을 strong users set(120)으로 결정한다. 즉, 채널 이득이 큰 순서로, 상위 N개의 사용자 단말이 strong users set(120)으로 결정된다. 이를 표현하면, 하기 <수학식 2>와 같이 나타내어질 수 있다.

수학식 2

$$[h_{1,1} h_{2,1} \dots h_{N,1} \dots h_{K,1}]$$

[0040]

[0041] 이어, S240에서, BS(110)는 상기 strong users set(120)에 포함된 사용자 단말들의 채널 이득 별로 빔포밍 벡터(Beam Forming vector: BF vector) 또는 후행 부호화 행렬 $[W_{1,1}, W_{2,1}, \dots, W_{N-1}]$ 을 생성한다.

- [0042] 상향링크 환경에서의 SIC 과정에서, strong users set(120)의 신호는 다른 단말들에게 간섭으로 영향을 미치지 않으므로, 도 2에서 설명한 바와 같이 간섭에 대한 고려 없이 단순히 채널 이득이 큰 단말을 선택하여 통신 용량을 높일 수 있다.
- [0043] 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 weak users set을 결정하는 방법을 나타내는 순서도이다. 여기서, 도 3을 구성하는 각 단계들은 도 1의 상기 BS(110)내의 제어부(118)에서 수행될 수 있으며, 편의상 상기 BS(110)에서 수행되는 것으로 설명하기로 한다. 따라서, 특별히 언급하지 않는 이상, 상기 BS(110)가 아래의 각 단계를 수행하는 것으로 한다. 그리고, 도 2의 S201 내지 S240의 일련의 과정들을 통해 strong users set(120)이 결정되면, 후술되는 도 3의 weak users set(130)을 결정하는 일련의 과정들이 수행될 수 있다.
- [0044] 앞서 기술한 바와 같이, Weak users set(130) 내의 사용자 단말들의 통신 용량을 증대시키는 목적을 고려한다면, BS(110)는 Strong users set(120)을 구성하는 사용자 단말들 이외의 사용자 단말들로부터 수신된 수신 신호들 중 수신 전력(또는 채널 이득)이 큰 순서로 사용자 단말들을 선택하여, Weak users set(130)을 결정하는 방안을 고려해볼 수 있다.
- [0045] 반면, Weak users set(130)이 strong users set(120)에 미치는 간섭량을 줄여 전체 시스템의 통신 용량을 증대시키는 목적을 고려한다면, BS(110)의 커버리지 내에서 Strong users set(120) 이외의 사용자 단말들 중 채널 이득(또는 수신 전력)이 작은 사용자 단말들을 선택하여 Weak users set(130)을 결정하는 방안을 고려해볼 수 있다. 즉, Weak users set(130) 내의 사용자 단말들의 통신 용량을 증대시키는 목적과 전체 시스템의 통신 용량을 증대시키는 목적은 트레이드 오프 관계이다. 따라서, 전체 시스템의 통신 용량 증대 및 Weak users set(130) 내의 사용자 단말들의 통신 용량 증대를 균형 있게 달성하기 위해서는 적절한 트레이드 오프(trade-off) 방안이 요구된다.
- [0046] 이하, 본 발명의 다른 실시 예에서는 Strong users set(120)과 동시 전송을 수행할 weak users set(130) 결정을 위해, 아래에서 기술하는 후보 사용자 집합들로부터의 수신 신호의 수신 전력과 상기 후보 사용자 집합들이 strong users set(120)에 미치는 간섭량 간의 차이(ϵ)를 고려하여, 상기 후보 사용자 집합들 중 weak users set(130)을 선별한다.
- [0047] 도 3을 참조하면, S310에서 BS(110)는 weak users set(130)의 후보 사용자 집합들(candidate users sets)을 생성한다. 구체적으로, 상기 <수학식 1>에서 계산된 채널 이득들을 기반으로 상기 <수학식 2>에 상응하게 strong users set으로 선별된 사용자 단말을 제외한 나머지 $K-N$ 개의 사용자 단말들이 정의된다. 상기 $K-N$ 개의 사용자 단말들의 채널 이득들은 하기 <수학식 3>과 같은 사용자 집합(S)으로 정의될 수 있다.

수학식 3

$$S=[h_{N+1}\dots h_K]$$

[0048]

- [0049] 그러면, 상기 <수학식 3>과 같은 사용자 집합(S)에 포함된 사용자 단말들(채널 또는 채널 이득들)이 weak users set으로 구성될 수 있는 모든 경우의 수를 고려한다. 즉, 상기 S310에서 상기 BS(110)는 상기 사용자 집합(S)을 구성하는 $K-N$ 개의 사용자 단말들(채널 또는 채널 이득들)을 BS(110)의 안테나 개수(N)만큼씩 묶을 수 있는 모든 경우의 수를 고려하여, 후보 사용자 집합들을 생성한다. 이에 따라 상기 후보 사용자 집합들(A_1, A_2, \dots, A_M)은 하기 <수학식 4>와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 4

$$A_1, A_2, \dots, A_M, \quad \text{where } M = \binom{K-(N+1)}{N}$$

[0050]

- [0051] <수학식 4>의 모든 후보 사용자 집합들(A_1, A_2, \dots, A_M) 각각은 상기 <수학식 3>의 사용자 집합(S) 내 사용자 단말들(채널들 또는 채널 이득들) 중 BS(110)의 안테나 수(N)에 대응하는 수의 사용자 단말들을 자신의 원소

(element)로서 포함하며, 하기 <수학식 5>와 같이 정의할 수 있다.

수학식 5

$$A_m \subset S \text{ for } \forall m, m=1,2,\dots, K-(N+1)C_N$$

상기 <수학식 3> 내지 상기 <수학식 5>에 따라 후보 사용자 집합들이 설정되면, S320에서 상기 BS(110)는 weak users set(130)을 결정하기 위해, 상기 <수학식 5>에서 정의하는 모든 후보 사용자 집합들 (m-th candidate set A_m) 중 n번째 후보 사용자 집합에 대한 파라미터 ϵ 를 계산한다. 여기서, 파라미터 ϵ 는 BS(110)가 각 후보 사용자 집합들(A_1, A_2, \dots, A_M)로부터 수신하는 수신 신호의 수신 전력과 상기 각 후보 사용자 집합들이 strong users set에 미치는 간섭량의 차이로 정의되며, 하기 <수학식 6>과 같이 표현될 수 있다.

수학식 6

$$\epsilon = \sum_{n=1}^N (|h_{n,2}|^2 \beta_{n,2} - (\sum_{k=1}^N |w_{n,1} h_{k,2}|^2 \beta_{k,2}))$$

상기 수학식 6에서 $\beta_{n,2}(\beta_{k,2})$ 는 기존 시스템, 특히 3rd Generation Partnership Project (3GPP) Long Term Evolution (LTE) 시스템에서 적용되는 상향링크에서의 전력 제어 기법이 수행된 후, weak users set에 포함되는 n번째 (k번째) 사용자 단말의 송신 전력 대비 잡음 전력비이다. $w_{n,1}$ 은 strong users set 내 n번째 사용자 단말의 채널을 기반으로 형성된 후행 부호화 벡터이다. 따라서, 상기 <수학식 6>에서 $|h_{n,2}|^2 \beta_{n,2}$ 은 n번째 weak users set으로 결정될 수 있는 후보 사용자 집합의 수신 전력을 의미하고, $(\sum_{k=1}^N |w_{n,1} h_{k,2}|^2 \beta_{k,2})$ 은 n번째 상기 후보 사용자 집합이 strong users set에게 미치는 간섭량을 의미한다.

S330에서 상기 BS(110)는 상기 S320에 따라 계산된 모든 후보 사용자 집합에 대한 파라미터 ϵ 들 중 파라미터 ϵ 가 최대인 후보 사용자 집합을 선택하는 과정이 수행된다.

이어, S340에서 상기 BS(110)는 상기 S330에 따라 선택된 후보 사용자 집합을 weak users set으로 결정하는 과정이 수행됨으로써, weak users set을 결정하는 일련의 과정들이 완료된다.

이와 같이, ϵ 값이 최대인 후보 사용자 집합을 weak users set으로 선택함으로써 자신(weak users set)의 신호 세기를 높임과 동시에 strong users set에게 미치는 간섭량을 최소화함으로써, weak users set의 통신 용량 성능을 최대화하고, 동시에 전체 시스템의 통신 용량 성능을 최대화 할 수 있다. 상기 설명은 <수학식 7>과 같이 표현될 수 있다.

수학식 7

$$[h_{1,1}h_{2,2}\dots h_{N,2}]=A_{m^*}=\max_{m^*\in[1,2,M]}\varepsilon(A_{m^*}) \quad \text{where } M=K-(N+1)C_N$$

[0059]

[0060]

요약하면, strong users set의 경우, strong users set은 다른 사용자 단말에게 간섭으로 영향을 미치지 않게 때문에, BS(110)는 성능 최대화를 위해 채널 이득이 가장 큰 사용자 단말을 BS(110)의 안테나 수만큼 선택하여 strong users set으로 설정하게 된다.

[0061]

동시 전송을 수행할 weak users set의 경우, BS(110)는 weak users set의 수신 전력과 상기 weak users set이 strong users set에게 미치는 간섭량의 차이가 최대인 경우를 weak users set을 설정함으로써, 상기 weak users set 내 사용자 단말들의 통신 용량과 더불어 strong users set 내 사용자 단말들의 통신용량을 함께 증대시킬 수 있다.

[0062]

결과적으로 본 발명의 실시 예에 따른 사용자 집합 설정 알고리즘을 통해 strong users set과 weak users set 내 단말들의 통신 용량이 향상되어 전체 통신 용량을 최대화 할 수 있다.

[0063]

이상의 사용자 집합 설정 과정이 종료된 후, 각 사용자 집합 내 사용자 단말들의 통신 용량을 최대화 할 수 있는 전력 제어 과정에 대해 기술하기로 한다.

[0064]

도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 전력 제어 과정을 보여주는 순서도이다.

[0065]

본 발명의 실시 예에 따른 strong users set과 weak users set 내에 포함되는 모든 사용자 단말들은 기존의 OMA 시스템에서 얻을 수 있는 통신 용량 이상을 유지(보장)하고, 동시에 두 사용자 집합 내 사용자 단말들의 통신 용량의 합(Sum capacity)을 최대화하고자 한다. 이를 위해 전력 제어 방법의 최적화가 요구되며, 이는 하기 <수학식 8>로 표현될 수 있다.

수학식 8

$$(\alpha_{n,1}^*, \alpha_{n,2}^*) = \arg \max_{(\alpha_{n,1}^*, \alpha_{n,2}^*)} (R_{n,1} + R_{n,2})$$

[0066]

$$R_{n,1} \geq \frac{1}{2}(R_{n,1-OMA}) \ \& \ R_{n,2} \geq \frac{1}{2}(R_{n,2-OMA}) \ \text{for } 1 \leq n \leq N$$

s.t.

[0067]

[0068]

여기서, $R_{n,1}$ 은 strong users set에 포함되는 사용자 단말의 통신 용량을 나타내고, $R_{n,2}$ 은 weak users

set에 포함되는 사용자 단말의 통신 용량을 나타낸다. $\alpha_{n,1}$ 과 $\alpha_{n,2}$ 는 상기 BS(100)로부터 strong users set과 weak users set에 포함되는 n번째의 사용자 단말들에게 각각 전송되는 전력 제어 값을 나타낸다. N은 BS(110)의 안테나 수이다.

[0069]

$\alpha_{n,1}$ 과 $\alpha_{n,2}$ 는 Karush-Kuhn-Tucker(KKT) 조건으로부터 그 해를 얻을 수 있다. KKT 조건을 이용하여 해를

얻은 경우, 먼저 strong users set 내 사용자 단말들의 전력 제어 값 $\alpha_{n,1}$ 는 하기 <수학식 9>와 같이 표현될 수 있다.

수학식 9

$$\alpha_{n,1}=1 \quad \text{for } \forall n$$

즉, 상기 <수학식9>에서 나타내어진 바와 같이, 상기 strong users set에 포함되는 사용자 단말들은 간섭 완화를 위한 추가적인 전력 제어 없이 전송할 수 있음을 의미한다. 그 이유는, 상기 strong users set에 포함되는 사용자 단말들의 신호가 다른 사용자 단말들에게 간섭으로 영향을 미치지 않기 때문이다.

반면 strong users set에 간섭을 미치는 weak users set 내 사용자 단말들의 전력 제어 값 $\alpha_{n,2}$ 는 다음 두 가지 조건 즉, 하기 <수학식 10> 및 <수학식 11>에 따라 결정될 수 있다.

수학식 10

$$E_n \left[\frac{\sum_{k=1}^N |w_{n,1} h_{k,2}|^2 \beta_{k,2}}{\sqrt{1 + |h_{n,1}|^2 \beta_{n,1} + 1}} \right] \leq \left(1 - E_n \left[\frac{\sqrt{1 + |h_{n,1}|^2 \beta_{n,1} - 1}}{|h_{n,1}|^2 \beta_{n,1}} \right] \right)$$

수학식 11

$$E_n \left[\frac{\sum_{k=1}^N |w_{n,1} h_{k,2}|^2 \beta_{k,2}}{\sqrt{1 + |h_{n,1}|^2 \beta_{n,1} + 1}} \right] > \left(1 - E_n \left[\frac{\sqrt{1 + |h_{n,1}|^2 \beta_{n,1} - 1}}{|h_{n,1}|^2 \beta_{n,1}} \right] \right)$$

여기서, $E_n[\cdot]$ 은 변수 n 에 대한 평균 기대값을 계산하는 연산자이며, $w_{n,1}$ 은 strong users set에 포함되

는 n 번째 단말의 후행 부호화 벡터이고, $h_{n,1}$ 은 strong users set에 포함되는 n 번째 단말의 채널 벡터이다.

$\beta_{n,1}$ 는 기존 3GPP LTE 시스템에서 적용되는 전송 전력 제어 기법이 수행된 후 strong users set에 포함되는

n 번째 단말의 송신 전력 대비 잡음 전력비이며, $h_{k,2}$ 는 weak users set에 포함되는 k 번째 단말의 채널,

$\beta_{k,2}$ 는 3GPP LTE 시스템에서 적용되는 전력 제어 기법이 수행된 후 weak users set에 포함되는 k 번째 단말의 전송 전력 대비 잡음 전력 비이다.

상기 <수학식 10> 및 <수학식 11>에서, 왼쪽 항

$E_n \left[\frac{\sum_{k=1}^N |w_{n,1} h_{k,2}|^2 \beta_{k,2}}{\sqrt{1 + |h_{n,1}|^2 \beta_{n,1} + 1}} \right]$ 은 weak users set이 strong

users set에 미치는 간섭량에 비례하며 오른쪽

$$\left(1 - E_n \left[\frac{\sqrt{1 + |h_{n,1}|^2 \beta_{n,1}} - 1}{|h_{n,1}|^2 \beta_{n,1}} \right] \right)$$

은 strong users set 내 사용자 단말들의 신호 세기에 비례한다. 따라서 상기 <수학식 10>의 경우 weak users set이 strong users set에 게 미치는 간섭량이 strong users set의 신호 세기보다 작은 경우를 의미한다. 그리고, 상기 <수학식 11>은 그 반대의 경우를 의미한다. 따라서 상기 <수학식 10>의 조건을 만족할 경우 상기 strong users set은 간섭에 상대적으로 강하다고 판단할 수 있다. 그러므로 weak users set 내 사용자 단말들은 weak users set이 strong users set에 게 미치는 간섭을 고려한 추가적인 전력 제어 없이 기존 전력 제어 기법이 허락하는 범위 내에서 최대 전력으로 전송하게 된다. 이 경우, weak users set 내 사용자 단말들은 기존 전력 제어 기법이 허락하는 범위 내에서 최대 전력(제1 전력)으로 전송하도록 지시하는 제1 전력 제어값(α_1)을 BS(110)로부터 수신하며, 이 제1 전력 제어값(α_1)은 하기 <수학식 12>와 같이 나타내어질 수 있다.

수학식 12

$$\alpha_1 = 1$$

반면, 상기 <수학식 11>의 조건을 만족하는 경우, 상기 strong users set 내 사용자 단말들은 상대적으로 자신에게 미치는 간섭에 민감하다고 판단하는 경우에 해당한다. 이 경우, 추가적인 전력 제어 기법을 통해 간섭 완화를 해야 한다. 또한, 상대적으로 강한 간섭으로 인해 자신의 신호와 간섭 신호의 크기 차이가 작아지게 되어, 순차적 간섭 제거 기법을 적용하기 어려워질 수 있다. 따라서 상기 <수학식 11>의 조건을 만족할 경우, 순차적 간섭 제거 기법 적용 및 단말간 간섭 완화를 위해 추가적인 전송 전력 제어 기법이 필요하다. 이 경우, 상기 weak users set 내 사용자 단말들은 추가 전력 제어 기법에 따른 전력(또는 제1 전력보다 작은 제2 전력)으로 전송하도록 지시하는 제2 전력 제어값(α_2)을 BS(110)로부터 수신하며, 상기 제2 전력 제어값(α_2)은 하기 <수학식 13>과 같이 표현될 수 있다.

수학식 13

$$\alpha_2 = \frac{(1 - E_n[(\sqrt{1 + |h_{n,1}|^2 \beta_{n,1}} - 1)/|h_{n,1}|^2 \beta_{n,1}])}{E_n[(\sum_{k=1}^N |w_{n,1} h_{k,2}|^2 \beta_{k,2})/(\sqrt{1 + |h_{n,1}|^2 \beta_{n,1}} + 1)]} < 1$$

그리고, 상기 제2 전력 제어값(α_2)은 1보다 작은 값으로, BS(110)는 기존 전송 전력 제어 기법에 의해 결정된 전송 전력 값보다 더 작은 값으로 전송하도록 weak user set을 제어한다.

현재 LTE에서는 OMA와 같이 사용자 단말간 간섭이 미치지 않기 때문에, 사용자 단말간 간섭 완화가 아닌 거리 상쇄(path loss)를 보상하는 정도의 전력 제어 기법이 적용되고 있다. 기본 상향링크 전력 제어 기법에서는 전력 제어 값이 사용자가 처음 접속하는 과정에서 결정되고 그 값이 접속을 종료하는 시점까지 유지되는 open loop 방식을 따른다.

하지만 본 발명의 실시 예에서는 단말 간 간섭이 발생하게 되므로, 결과적으로, 매 채널 변화마다 간섭을 고려한 추가적인 전력 제어 기법이 요구될 경우, 앞서 제안한 <수학식 9>와, <수학식 12> 또는 <수학식 13>과 같은 전력 제어 값 결정 방법을 사용할 수 있다. 그리고, 상기 전력 제어 값 결정 방법은 사용자가 처음 상향링크에 접속한 후에도 매 채널 변화마다 그 값을 변화시키는 closed loop 방식을 따라야 한다. 기존 LTE에 사용되는 값

과 더불어 본 발명에서 추가로 제안하는 전력 제어 값을 모두 고려한 최종 단말 전송 전력 값(UE transmit power)은 하기 <수학식 14>와 같이 나타내어질 수 있다.

수학식 14

$$P = \min \{ P_{\max}, P_0 + 10 \log_{10} M + \gamma L + \Delta_{mcs} + f(\Delta_i) + 10 \log_{10} \alpha \} [dB]$$

상기 <수학식 14>에서 P_{\max} 는 사용자 단말이 전송할 수 있는 최대 전력 값이며, P_0 는 사용자 단말이

QoS (quality of service)요구하는 설정 송신 전력이다. M 은 사용자 단말이 사용하는 자원 블록 수이며, γ 와 L 은 각각 셀 특정 거리 상쇄 보상 가중치(Cell-specific pathloss compensation factor)와 단말 추정 거리 상쇄 값(UE-estimated pathloss using on Reference Signal Received Power)이다. 지금까지 설명한 파라미터들의 값은 모두 open loop 방식에 적용되는 값이다.

상기 수학식 14에서 Δ_{mcs} 와 $f(\Delta_i)$ 은 각각 closed loop 방식에 적용되는 값으로 adaptive modulation and coding (AMC) 기법 적용 시 단말에 요구되는 전송 전력 변화 값(cell/UE specific modulation and coding scheme)과 제어 채널과 데이터 채널 간 상관도 발생 시 고려하는 변화 값을 반영하는 가중치(UE specific accumulative offsets)이다.

수학식 14의 마지막 α 는 0과 1 사이의 값으로 단말들(또는 사용자 집합들) 간 간섭 완화를 위한 전력 제어 값으로서, 5비트(bit)로 나타내어질 수 있다. 그리고, 상기 α 는 상기 strong users set에 설정되는 전력 제어 값(α_1) 및 weak users set에 설정되는 전력 제어 값(α_2) 중 어느 하나의 전력 제어 값이다. 예컨대, 상기 α 가 상기 strong users set에 설정되는 전력 제어 값(α_2)인 경우, α_1 은 1로 설정되며, 상기 α 가 상기 weak users set에 설정되는 전력 제어 값(α_2)인 경우, α_2 는 0보다 크고 1미만인 값($0 < \alpha_2 < 1$) 또는 1로 설정될 수 있다.

한편, 다른 실시 예에 따라 동시 전송을 수행할 사용자 집합의 총 수가 L 개이며, $L > 2$ 인 조건을 만족하는 경우를 가정하자. 그리고, 첫 번째 사용자 집합의 채널 이득이 최대값을 가지며, L 번째 사용자 집합에 가까워 질수록 채널 이득이 낮은 값을 갖는 경우를 가정하자. 이 경우, i 가 사용자 집합의 지시자($1 \leq i \leq L$)임을 가정하자. 그러면, i 번째 사용자 집합을 구성하는 사용자 단말들의 SINR은 하기 <수학식 15>와 같이 나타내어질 수 있다.

수학식 15

$$SINR_{n,i} = \frac{S_{n,i}}{I_{n,i} + N_0} = \frac{|w_{n,i} h_{n,i}| \alpha_{n,i} P_{n,i}}{\sum_{l=i+1}^L \sum_{k=1}^N |w_{n,i} h_{k,i}|^2 \alpha_{k,i} P_{k,i} \sigma_0^2}, \text{ where } |h_{n,1}| > \dots > |h_{n,i}| > |h_{n,i+1}| > \dots > |h_{n,L}|$$

<수학식 15>에서 n 은 사용자 단말의 지시자를 나타내고, $S_{n,i}$ 는 i 번째 사용자 집합의 n 번째 사용자 단말이 수신한 신호의 세기를 나타내고, $I_{n,i}$ 는 i 번째 사용자 집합의 n 번째 사용자 단말을 구성하는 사용자 단말들의 간섭을

나타내고, N_0 는 잡음 신호를 나타내며, σ_0 는 i 번째 사용자 집합의 n 번째 사용자 단말의 잡음 공분산 (variance)를 나타낸다. 그리고, 나머지 파라미터들은 이전 수학식에서 정의되었으므로, 여기서는 중복 설명을 생략하기로 한다.

[0090] 여기서, i 번째 사용자 집합의 n 번째 사용자 단말의 전력 제어값인 $\alpha_{n,i}$ 는 i 가 작아질수록 $i-1$ 번째 사용자 집합에 끼치는 간섭량이 증가하므로, 작은 값을 갖는다. 다시 말해서, i 값이 L 에 가까워질수록 $\alpha_{n,i}$ 의 값은 1에 가까워진다. 그리고, 사용자 집합의 총 수가 증가할수록 NOMA를 위한 전력 제어는 더욱 정교해질 필요가 있다.

이를 위해서, 상기 $\alpha_{n,i}$ 는 5비트보다 더 많은 비트들로 구성될 수도 있다.

[0091] 이하, 본 발명의 실시 예에 따라 상향링크 다중 사용자 다중 입출력 시스템에서 동시전송과 그에 따른 순차적 간섭 제거 기법을 구비한 송신단(이하, 사용자 단말)과 수신단(이하, BS)의 동작과정에 대해 상세히 설명한다.

[0092] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 BS의 전체 동작 흐름도의 일 예이다.

[0093] 도 4를 참조하면, S410에서 BS는 셀 내 사용자 단말들로부터 사용자 채널 정보를 수신하여 획득한다.

[0094] S420에서 상기 BS는 상기 사용자 채널 정보를 이용하여 셀 내 사용자 단말들을 Strong user set과 Weak user set으로 분류한다. 구체적으로, 상기 BS는 상기 사용자 채널 정보로부터 수신 신호의 세기와 간섭량의 차이 값을 계산하고, 계산된 차이 값을 이용한다.

[0095] S430에서 상기 BS는 strong users set 및 weak users set 내 사용자 단말들의 통신 용량을 최대화할 수 있는 전력 제어 값을 생성하고, 이를 해당 사용자 단말로 전송한다. 여기서, strong users set에 포함되는 사용자 단말들의 신호는 다른 사용자 단말들에게 간섭으로 영향을 미치지 않는다. 따라서, 상기 BS는 기존의 전력 제어 기법의 허용 범위 내에서 최대 전력으로 신호를 전송하도록 지시하는 전력 제어 값을 상기 strong users set 내의 사용자 단말들에게 전송한다. 반면, 상기 BS는 weak users set 내 사용자 단말들에게 전송하는 전력 제어 값을 weak users set이 strong users set에게 미치는 간섭량과 strong users set의 신호 세기의 비교 결과에 따라 결정한다. 구체적으로, weak users set이 strong users set에게 미치는 간섭량이 strong users set의 신호 세기보다 작은 경우, strong users set은 weak users set에 의한 간섭에 강한 것으로 판단할 수 있다. 이 경우, 기존 전력 제어 기법이 허용하는 범위 내에서 최대 전력으로 신호를 전송하도록 지시하는 전력 제어 값을 weak users set 내 사용자 단말들에게 전송한다. 반대로, weak users set이 strong users set에게 미치는 간섭량이 strong users set의 신호 세기보다 큰 경우, strong users set은 weak users set에 의한 간섭에 약한 것으로 판단할 수 있으므로, 상기 최대 전력보다 낮은 전력으로 전송하도록 지시하는 전력 제어 값을 weak users set 내 사용자 단말들에게 전송한다.

[0096] 이와 같이, BS는 동시 전송이 가능한 사용자 집합을 strong users set과 weak users set으로 분류하고, weak users set이 strong users set에게 미치는 간섭량과 strong users set의 신호 세기를 비교하는 조건에 따라 strong users set과 weak users set에게 동일한 전력 제어 값 또는 서로 다른 전력 제어 값을 전송하게 된다. 또한, 간섭 완화를 위한 추가적인 전력 제어 값이 각 단말에게 전송되게 된다.

[0097] 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 사용자 단말의 동작 흐름도이다.

[0098] 도 5를 참조하면, S510에서 사용자 단말은 BS로부터 전력 제어 값(α)을 수신한다.

[0099] S520에서 상기 사용자 단말은 수신한 전력 제어 값을 확인하고, 상기 확인 결과 α 의 값이 1이면, S530으로 진행한다. 그리고, 상기 확인 결과 α 의 값이 $0 < \alpha < 1$ 이면, S540으로 진행한다.

[0100] S530에서 상기 사용자 단말은 상기 수신한 α 에 관계 없이 기존의 전력 제어를 수행하여 최종 단말 전송 전력 값을 계산하고, S540으로 진행한다. S550에서 상기 사용자 단말은 상기 수신한 α 를 이용하여 최종 단말 전송 전력값을 계산하고, S550으로 진행한다. 상기 최종 단말 전송 전력값은 상기 <수학식 14>를 이용하여 계산된다. S550에서 상기 사용자 단말은 상기 최종 단말 전송 전력값을 적용한 전력을 이용하여 신호를 전송한다. 상기한 바와 같이, 동시 전송을 수행하는 사용자 단말은 기지국으로부터 수신한 전력 제어 값에 따라 기존 전력 제어

또는 상기 전력 제어 값이 적용된 전력 제어에 따라 결정된 전력 값을 이용하여 자신의 신호를 전송하게 된다.

[0101] 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 상향링크 데이터 전송 후, SIC를 수행하는 BS에서의 사용자 단말의 신호를 복호화하는 동작 흐름도이다.

[0102] 도 6을 참조하면, S610에서 상기 BS는 후행 부호화 행렬 W_1 을 이용하여 strong users set의 사용자 단말의 수신 신호를 복호화한다.

[0103] S630에서 상기 BS는 수신 신호에서 SIC 기법에 따라 복호화한 strong users set의 사용자 단말의 수신 신호를 제거한다. 그리고, S650에서 상기 BS는 후행 부호화 행렬 W_2 를 이용하여 weak users set의 사용자 단말들을 복호화한다.

[0104] 도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 BS의 블록 구성도이다. 여기서는, 설명의 편의상 앞서 설명한 본 발명의 실시 예에 따른 동작 별로 BS의 구성 소자들을 구성하였다. 그러나, 해당 구성 소자들은 하나의 유닛으로 통합되거나 다수의 서브 유닛들로 분할될 수 있다.

[0105] 도 7을 참조하면, BS(700)는 일 예로, 제어부(702)와, 사용자 집합 생성부(704), 전력 제어값 생성부(706) 및 송수신부(708)를 포함한다. 상기 제어부(702)는 상기 송수신부(708)를 통해서, 셀 내의 사용자 단말들로부터 사용자 채널 정보가 수신되었음을 인지한다. 그러면, 상기 제어부(702)의 지시에 따라 상기 사용자 집합 생성부(704)는 상기 사용자 채널 정보로부터 상기 <수학식 2>와 같이 나타내어지는 채널 이득을 내림차순으로 정렬하고, 크기가 큰 순 사용자 단말들을 동시 전송을 위한 사용자 집합 중 상대적으로 신호 세기가 높은 구성원들로 구성되는 strong users set의 구성원들로 선택한다. 상기 사용자 집합 생성부(704)가 strong users set의 구성원들을 선택하는 동작은 도 2에서 설명한 과정에 대응하므로, 중복 설명은 생략하기로 한다.

[0106] 마찬가지로, 상기 제어부(702)의 지시에 따라 상기 사용자 집합 생성부(704)는 도 3에서 설명한 수학식들에 따라 후보 사용자 집합을 생성하고, 각 후보 사용자 집합에서 strong users set에 미치는 간섭량의 차이를 고려하여 weak users set의 구성원들을 선택한다. weak users set의 선택 동작 역시 도 3에서 설명한 과정에 대응하므로, 중복 설명은 생략하기로 한다.

[0107] 상기한 바와 같이 상기 사용자 집합 생성부(704)가 동시 전송할 사용자 집합 각각에 대한 구성원을 선택 완료하면, 상기 제어부(702)의 지시에 따라 상기 전력 제어값 생성부(706)는 각 사용자 집합 별 전력 제어값을 생성한다. 각 사용자 집합 별 전력 제어값 생성 동작은 도 4에서 설명한 과정에 대응하므로, 중복 설명은 생략하기로 한다.

[0108] 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 사용자 단말의 블록 구성도이다. 마찬가지로, 설명의 편의상 앞서 설명한 본 발명의 실시 예에 따른 동작 별로 사용자 단말의 구성 소자들을 구성하였다. 그러나, 해당 구성 소자들은 하나의 유닛으로 통합되거나 다수의 서브 유닛들로 분할될 수 있다.

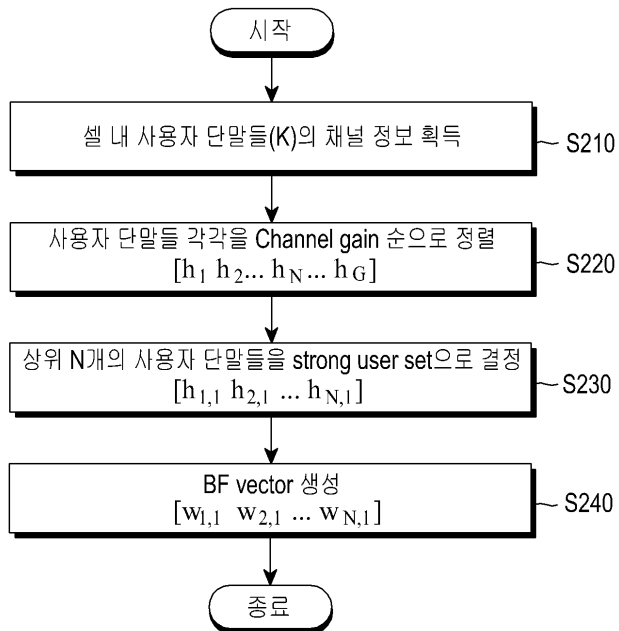
[0109] 도 8을 참조하면, 사용자 단말(800)은 제어부(802)와, 송수신부(804) 및 전력 제어부(806)를 포함한다.

[0110] 상기 송수신부(804)가 기지국으로부터 전력 제어값을 수신함을 인지하면, 상기 제어부(802)는 상기 전력 제어값에 상응하는 전력을 조정하도록 상기 전력 제어부(806)를 제어한다. 상기 전력 제어부(806)의 동작 역시 도 5에 도시한 설명에 대응하므로, 여기서는 그 중복 설명을 생략하기로 한다. 그러면, 상기 제어부(802)의 지시에 따라 상기 송수신부(804)는 상기 제어된 전력값을 통해서 해당 신호를 기지국으로 송신한다.

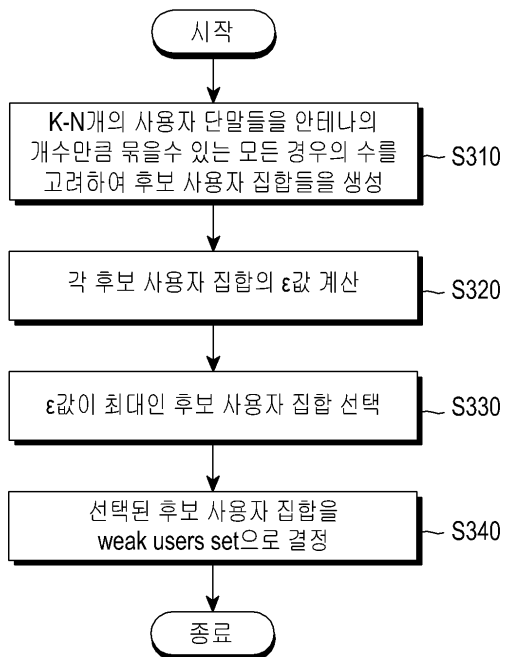
[0111] 상기한 바와 같은 실시 예에 따라 기지국이 사용자 단말들로부터 수신한 사용자 채널 정보를 이용하여 통신 용량을 향상시킬 수 있는 사용자 집합을 형성하고, 형성된 사용자 집합 내 간섭 완화를 위한 전력 제어 값을 결정하여 이를 사용자 단말에게 전송하는 스케줄링 방식을 적용함으로써, 상향링크 다중 사용자 MIMO 시스템에서 수신단의 안테나 수 보다 많은 사용자 단말들을 지원하는 환경에서도 사용자 집합 간 간섭은 줄이고, 동시에 지원하는 사용자 단말의 수는 증가하게 되어 통신 용량을 향상시킬 수 있다.

[0112] 한편 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는

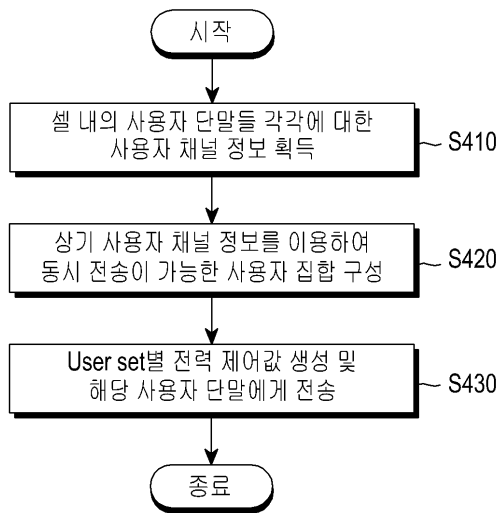
도면2



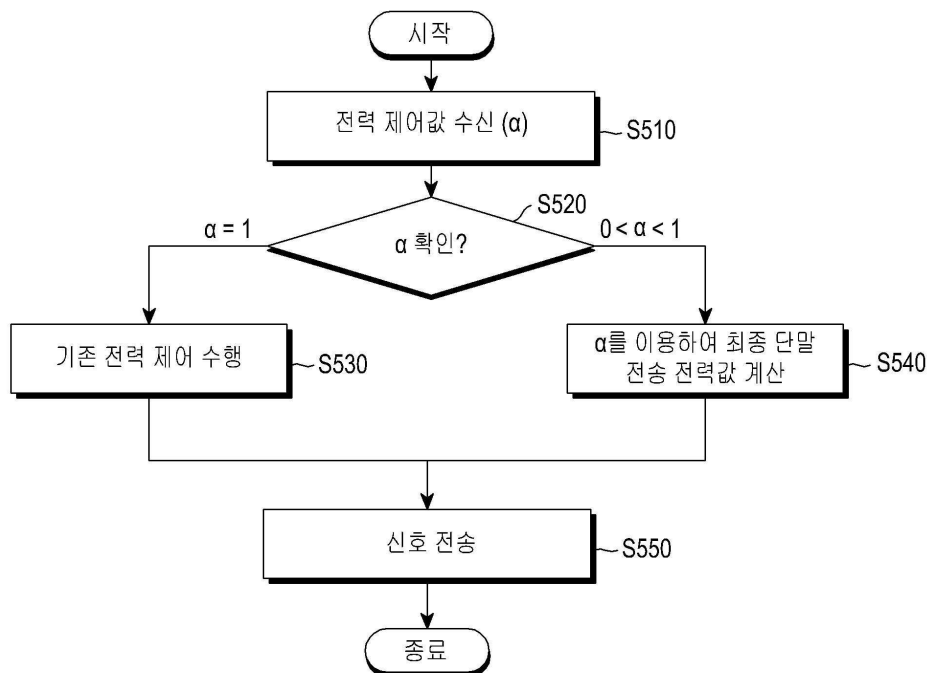
도면3



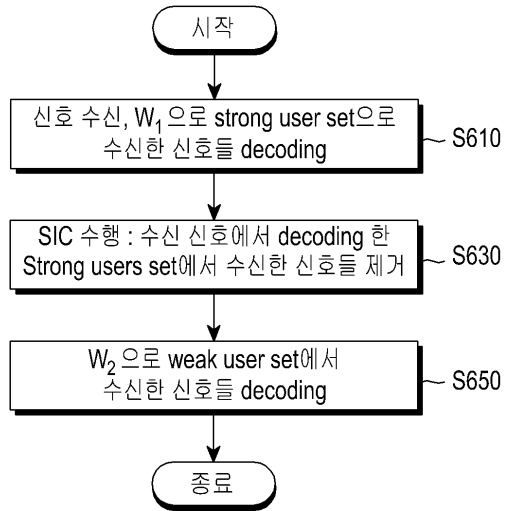
도면4



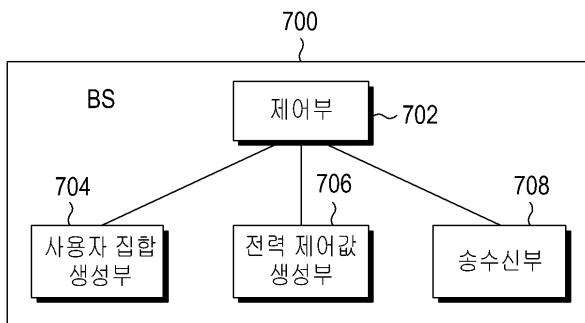
도면5



도면6



도면7



도면8

