(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년03월24일
(11) 등록번호 10-0816032
(24) 등록일자 2008년03월17일

(51) Int. Cl.
H04L 27/26 (2006.01) *H04J 11/00* (2006.01)
H04L 1/00 (2006.01) *H04B 15/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0014929
(22) 출원일자 2007년02월13일
심사청구일자 2007년02월13일
(56) 선행기술조사문헌
us 2006/0221808
us 6,999,498
us 2002/0191535

(73) 특허권자
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 매탄동 416
포항공과대학교 산학협력단
경상북도 포항시 남구 효자동 산31 포항공과대학교내
(72) 발명자
김영두
경기도 수원시 영통구 매탄3동 414-2 305호
김웅선
경기도 수원시 영통구 영통동 황골마을신명아파트 201동 904호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
천성진

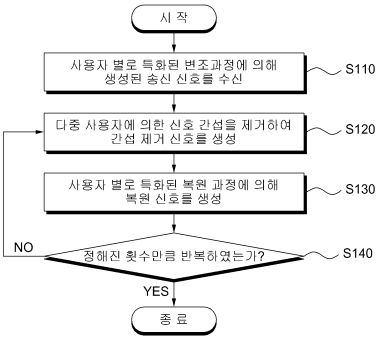
전체 청구항 수 : 총 23 항 심사관 : 박남현

(54) 반복적 다중 사용자 검파를 통한 데이터 송수신 방법 및 그장치

(57) 요 약

본 발명은 반복적 다중 사용자 검파를 통한 데이터 송수신 방법 및 그 장치 에 관한 것이다. 본 발명의 데이터 송수신 방법은 무선 통신 시스템에서의 단일 반송파 신호를 수신하는 단계, 수신 신호에 대하여 복원 신호를 이용하여 다중 사용자에 의한 신호 간섭을 제거하여 간섭 제거 신호를 생성하는 단계, 및 상기 간섭 제거 신호를 이용하여 상기 수신 신호를 사용자 별로 특화된 복원 과정에 의해 복원하여 상기 복원 신호를 생성하는 단계를 포함하고, 상기 간섭 제거 신호를 생성하는 단계와 상기 복원 신호를 생성하는 단계를 한 번 이상 거쳐 생성된 상기 복원 신호를 최종 복원 신호로 채택하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

안창욱

광주시 서구 농성1동 33-8 4/4

임기홍

경북 포항시 남구 지곡동 포항공대 교수아파트 8동 1402호

임종부

경북 포항시 남구 효자동 학생기숙사 17동 406호

윤태원

경북 포항시 남구 효자동 포항공대 학생기숙사 19동 108호

최찬호

경북 포항시 남구 효자동 포항공대 학생기숙사 11동 202호

특허청구의 범위

청구항 1

무선 통신 시스템에서의 단일 반송파 신호를 사용자 별로 특화된 변조 과정에 의해 변조하여 생성된 송신 신호를 수신하여 수신 신호를 생성하는 단계;

상기 수신 신호에 대하여 복원 신호를 이용하여 다중 사용자에 의한 신호 간섭을 제거하여 간섭 제거 신호를 생성하는 단계; 및

상기 간섭 제거 신호를 이용하여 상기 수신 신호를 사용자 별로 특화된 복원 과정에 의해 복원하여 상기 복원 신호를 생성하는 단계

를 포함하고, 상기 간섭 제거 신호를 생성하는 단계와 상기 복원 신호를 생성하는 단계를 한 번 이상 거쳐 생성된 상기 복원 신호를 최종 복원 신호로 채택하는 것

을 특징으로 하는 데이터 송수신 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 사용자 별로 특화된 복원 과정은 상기 사용자 별로 특화된 변조 과정을 역으로 진행하는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 사용자 별로 특화된 복원 과정은 사용자 별로 특화된 인터리브 복호화 단계 및 사용자 별로 특화된 역확산 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 간섭 제거 신호를 생성하는 단계는

상기 복원 신호를 추정하는 단계 및 상기 추정된 신호에 대한 사용자 간 간섭을 고려하여 주파수 영역에서 상기 추정된 신호의 등화 과정을 수행하는 단계를 포함하고,

상기 신호의 등화 과정은 신호의 추정치에 의한 평균 오차 제곱합을 최소화하는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 신호의 등화 과정의 u번째 사용자를 위한 k번째 서브캐리어에 대한 등화 계수 $C_{u,k}$는 다음 수학식 1과 같이 결정되는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 방법.

[수학식 1]

$$C_{u,k} = \frac{\breve{H}_{u,k}}{\sigma_w^2 + \sum_{u=1}^{U} v_u \left| \breve{H}_{u,k} \right|^2}$$

단, $\breve{H}_{u,k}$는 u번째 사용자를 위한 k번째 서브캐리어에 대한 채널 임펄스 응답의 이산 푸리에 변환 계수를, σ_w^2는 부가적인 백색 가우시안 잡음의 분산 계수를, v_u는 u번째 사용자를 위한 시간 영역 신호의 공분산 대각 원소를

각각 의미함.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 간섭 제거 신호를 생성하는 단계는 상기 복원 신호에 대하여 통신 채널을 거친 다른 사용자에 의한 신호의 기여분 만큼을 차감하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 방법.

청구항 7

제2항에 있어서,

상기 간섭 제거 신호를 생성하는 단계는 상기 복원 신호에 대하여 상기 사용자 별로 특화된 변조 과정과 동일한 변조 과정을 수행하는 재변조 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 방법.

청구항 8

제2항에 있어서,

상기 사용자 별로 특화된 복원 과정은 신호를 맵 검파기를 통해 검파하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 방법.

청구항 9

제2항에 있어서,

상기 사용자 별로 특화된 변조 과정은 신호를 포워드 에러 정정 블록을 통해 부호화하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 방법.

청구항 10

제2항에 있어서,

상기 수신 신호를 생성하는 단계는 수신한 송신 신호의 앞부분에서 순환 프리픽스 심볼을 제거하고 수신 신호 블록들을 구성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 방법.

청구항 11

제2항에 있어서,

상기 간섭 제거 신호를 생성하는 단계는

상기 복원 신호 및 상기 수신 신호에 대하여 빠른 푸리에 변환을 수행하는 단계 및 다중 사용자에 의한 신호 간섭을 제거한 신호에 대하여 빠른 푸리에 역변환을 수행하여 상기 간섭 제거 신호를 생성하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 방법.

청구항 12

무선 통신 시스템에서의 단일 반송파 신호를 사용자 별로 특화된 변조 과정에 의해 변조하여 생성된 송신 신호를 수신하여 수신 신호를 생성하는 수신부;

상기 수신 신호에 대하여 복원 신호를 이용하여 다중 사용자에 의한 신호 간섭을 제거하여 간섭 제거 신호를 생성하는 간섭 제거 신호 생성부; 및

상기 간섭 제거 신호를 이용하여 상기 수신 신호를 사용자 별로 특화된 복원 과정에 의해 복원하여 상기 복원 신호를 생성하는 복원 신호 생성부

를 포함하고, 상기 간섭 제거 신호 생성부와 상기 복원 신호 생성부를 한 번 이상 거쳐 생성된 상기 복원 신호를 최종 복원 신호로 채택하는 것

을 특징으로 하는 데이터 송수신 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 사용자 별로 특화된 복원 과정은 상기 사용자 별로 특화된 변조 과정을 역으로 진행하는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 사용자 별로 특화된 복원 과정은 사용자 별로 특화된 인터리브 복호화기 및 사용자 별로 특화된 역확산기를 거치는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 장치.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 간섭 제거 신호 생성부는

상기 복원 신호를 추정하는 신호 추정기 및 상기 추정된 신호에 대한 사용자 간 간섭을 고려하여 주파수 영역에서 상기 추정된 신호의 등화 과정을 수행하는 신호 등화기를 포함하고,

상기 신호 등화기는 신호의 추정치에 의한 평균 오차 제곱합을 최소화하는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 장치.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 신호 등화기의 u번째 사용자를 위한 k번째 서브캐리어에 대한 등화 계수 $C_{u,k}$는 하기 수학식 2와 같이 결정되는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 장치.

[수학식 2]

$$C_{u,k} = \frac{\breve{H}_{u,k}}{\sigma_w^2 + \sum_{u=1}^{U} v_u \left| \breve{H}_{u,k} \right|^2}$$

단, $\breve{H}_{u,k}$ 는 u번째 사용자를 위한 k번째 서브캐리어에 대한 채널 임펄스 응답의 이산 푸리에 변환 계수를, σ_w^2는 부가적인 백색 가우시안 잡음의 분산 계수를, v_u 는 u번째 사용자를 위한 시간 영역 신호의 공분산 대각 원소를 각각 의미함.

청구항 17

제13항에 있어서,

상기 간섭 제거 신호 생성부는 상기 복원 신호에 대하여 통신 채널을 거친 다른 사용자에 의한 신호의 기여분만큼을 차감하는 다중 사용자 간 간섭 상쇄기를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 장치.

청구항 18

제13항에 있어서,

상기 간섭 제거 신호 생성부는 상기 복원 신호에 대하여 상기 사용자 별로 특화된 변조 과정과 동일한 변조 과정을 수행하는 재변조기를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 장치.

청구항 19

제13항에 있어서,

상기 사용자 별로 특화된 복원 과정은 심볼 맵핑된 신호를 검파하는 맵 검파기를 거치는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 장치.

청구항 20

제13항에 있어서,

상기 사용자 별로 특화된 변조 과정은 신호를 포워드 에러 정정기를 통해 부호화하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 장치.

청구항 21

제13항에 있어서,

상기 수신부는 수신한 송신 신호의 앞부분에서 순환 프리픽스 심볼을 제거하고 수신 신호 블록들을 구성하는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 장치.

청구항 22

제13항에 있어서,

상기 간섭 제거 신호 생성부는

상기 복원 신호 및 상기 수신 신호에 대하여 빠른 푸리에 변환을 수행하는 빠른 푸리에 변환기 및 다중 사용자에 의한 신호 간섭을 제거한 신호에 대하여 빠른 푸리에 역변환을 수행하여 상기 간섭 제거 신호를 생성하는 빠른 푸리에 역변환기를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 장치.

청구항 23

제13항에 있어서,

상기 데이터 송수신 장치는

상기 송신 신호를 생성하여 송신하는 송신부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 송수신 장치.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<10> 본 발명은 주파수 영역 등화기 (frequency-domain equalizer)를 사용하는 반복적 다중 사용자 검파(Iterative Multi-user Detection)를 통한 데이터 송수신 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

<11> 주파수 영역 등화기(frequency-domain equalizer)를 사용하는 단일 반송파(single-carrier) 시스템은 직교 주파수 분할 다중화(orthogonal frequency-division multiplexing, OFDM) 시스템과 유사한 구조를 가지고 있으며 성능 면에서 비슷한 특성을 나타낸다. 그러나 OFDM 시스템에서는 높은 peak-to-average power ratio (PAPR)로 인한 비선형 왜곡이 생기며 이는 인접 밴드로의 스펙트럼 확산 및 신호의 품질 저하를 일으키게 된다. 또한 반송파 주파수 오차는 OFDM에서의 subcarrier간 orthogonality를 깨뜨려 전체 시스템의 성능 저하의 원인이 되기도 한다. 이러한 문제점들의 대안으로 주파수 영역 등화기를 사용하는 단일 반송파 시스템이 부각되었으며 현재 3rd Generation Partnership Project Long Term Evolution (3GPP LTE)를 포함한 차세대 무선 통신 시스템의 상향 링크 송신 기술로 주목을 받고 있다.

<12> 그러나, 동일한 시간 및 주파수 자원이 여러 명의 사용자에게 공유되는 다중 사용자 환경에서 다중 사용자간 간섭은 비트 오율 성능 및 셀 용량을 제한시키게 된다. 예를 들어, 셀 간 동일한 자원을 사용하는 경우 셀 경계

지역의 사용자들은 이러한 다중 사용자간 간섭에 항상 노출되게 된다.

<13> 따라서, 이러한 다중 사용자 간 간섭을 제거하는 수신 알고리즘의 필요성이 대두된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<14> 본 발명은 상기와 같은 종래 기술을 개선하기 위해 안출된 것으로서, 주파수 영역 등화기를 사용하는 반복적 다중 사용자 검파를 통한 데이터 송수신 방법 및 그 장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

<15> 또한, 본 발명은 다중 사용자 간 간섭을 제거하여 비트 오율 성능을 개선하고, 셀 용량을 증대시키는 것을 그 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

<16> 상기의 목적을 달성하고 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 방법은, 무선 통신 시스템에서의 단일 반송파(Single Carrier) 신호를 사용자 별로 특화된 변조 과정(modulation process)에 의해 변조하여 생성된 송신 신호를 수신하여 수신 신호를 생성하는(generate) 단계, 상기 수신 신호에 대하여 복원 신호를 이용하여 다중 사용자에 의한 신호 간섭(signal interference)을 제거하여 간섭 제거 신호(interference cancelled signal)를 생성하는 단계, 및 상기 간섭 제거 신호를 이용하여 상기 수신 신호를 사용자 별로 특화된 복원 과정(demodulation process)에 의해 복원하여 상기 복원 신호를 생성하는 단계를 포함하고, 상기 간섭 제거 신호를 생성하는 단계와 상기 복원 신호를 생성하는 단계를 한 번 이상 거쳐 생성된 상기 복원 신호를 최종 복원 신호로 채택하는 것을 특징으로 한다.

<17> 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 장치는, 무선 통신 시스템에서의 단일 반송파 신호를 사용자 별로 특화된 변조 과정에 의해 변조하여 생성된 송신 신호를 수신하여 수신 신호를 생성하는 수신부, 상기 수신 신호에 대하여 복원 신호를 이용하여 다중 사용자에 의한 신호 간섭을 제거하여 간섭 제거 신호를 생성하는 간섭 제거 신호 생성부, 및 상기 간섭 제거 신호를 이용하여 상기 수신 신호를 사용자 별로 특화된 복원 과정에 의해 복원하여 상기 복원 신호를 생성하는 복원 신호 생성부를 포함하고, 상기 간섭 제거 신호 생성부와 상기 복원 신호 생성부를 한 번 이상 거쳐 생성된 상기 복원 신호를 최종 복원 신호로 채택하는 것을 특징으로 한다.

<18> 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

<19> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 방법을 나타낸 동작 흐름도이다.

<20> 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 방법은 무선 통신 시스템에서의 단일 반송파 신호를 사용자 별로 특화된 변조 과정에 의해 변조하여 생성된 송신 신호를 수신하여 수신 신호를 생성한다(S110).

<21> 이 때, 상기 수신 신호를 생성하는 단계(S110)는 수신한 송신 신호의 앞부분에서 순환 프리픽스(Cyclic Prefix, CP) 심볼을 제거하고 수신 신호 블록들을 구성하는 단계를 포함할 수 있다.

<22> 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 방법은 수신한 상기 수신 신호에 대하여 복원 신호를 이용하여 다중 사용자에 의한 신호 간섭을 제거하여 간섭 제거 신호를 생성한다(S120).

<23> 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 방법은 상기 간섭 제거 신호를 이용하여 상기 수신 신호를 사용자 별로 특화된 복원 과정에 의해 복원하여 상기 복원 신호를 생성한다(S130).

<24> 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 방법은 상기 간섭 제거 신호를 생성하는 단계(S120)와 상기 복원 신호를 생성하는 단계(S130)를 한 번 이상 거쳐 생성된 상기 복원 신호를 최종 복원 신호로 채택하는 것을 특징으로 한다.

<25> 이 때, 상기 간섭 제거 신호를 생성하는 단계(S120)와 상기 복원 신호를 생성하는 단계(S130)를 반복하여 거치는 횟수를 미리 정할 수 있다.

<26> 이 때, 본 발명에 따른 데이터 송수신 방법은 미리 정해진 반복 횟수만큼 간섭 제거 신호 생성 단계(S120)와 복원 신호 생성 단계(S130)를 거친 신호를 최종 복원 신호로 채택한다(S140).

<27> 이 때, 상기 사용자 별로 특화된 복원 과정은 상기 사용자 별로 특화된 변조 과정을 역으로 진행하는 것일 수 있다.

<28> 이 때, 상기 사용자 별로 특화된 복원 과정은 사용자 별로 특화된 인터리브 복호화(De-interleaving) 단계 및

사용자 별로 특화된 역확산(De-spread) 단계를 포함할 수 있다.

<29> 이 때, 상기 사용자 별로 특화된 복원 과정은 신호를 맵 검파기(Map Detector)를 통해 검파(detect)하는 단계를 포함할 수 있다.

<30> 이 때, 상기 간섭 제거 신호를 생성하는 단계(S120)는 상기 복원 신호를 추정(estimate)하는 단계 및 상기 추정된 신호에 대한 사용자 간 간섭을 고려하여 주파수 영역에서 상기 추정된 신호의 등화(equalization) 과정을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

<31> 이 때, 상기 신호의 등화 과정은 신호의 추정치(estimation)에 의한 평균 오차 제곱합(Mean-Square Error)을 최소화하는 것일 수 있다.

<32> 이 때, 상기 간섭 제거 신호를 생성하는 단계(S120)는 상기 복원 신호에 대하여 통신 채널을 거친 다른 사용자에 의한 신호의 기여분 만큼을 차감(subtract)하는 단계를 포함할 수 있다.

<33> 이 때, 상기 간섭 제거 신호를 생성하는 단계(S120)는 상기 복원 신호에 대하여 상기 사용자 별로 특화된 변조 과정과 동일한 변조 과정을 수행하는 재변조 단계를 포함할 수 있다.

<34> 이 때, 상기 간섭 제거 신호를 생성하는 단계(S120)는 상기 복원 신호 및 상기 수신 신호에 대하여 빠른 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)을 수행하는 단계 및 다른 사용자에 의한 신호 기여분을 차감하고, 등화 과정을 거친 신호에 대하여 빠른 푸리에 역변환(Inverse Fast Fourier Transform, IFFT)을 수행한 신호를 상기 간섭 제거 신호로 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

<35> 이 때, 상기 사용자 별로 특화된 변조 과정은 입력 신호를 포워드 에러 정정(Forward Error Correction, FEC) 블록을 통해 부호화하는 단계를 포함할 수 있다.

<36> 수신 신호가 생성되는 과정은 다음과 같이 설명된다. 0과 1로 되어 있는 입력 신호 블록(input data sequence)은 FEC 과정을 통해 부호화되고 사용자 별로 특화된 u번째 사용자에 대한 확산 과정을 거친다.

<37> 이 때의 확산(spread) 과정을 거친 신호를 $c_{u,l}$ 라 하고, 이 신호가 $\prod_u$ 로 표시되는 u 번째 사용자에 대한 인터리브 부호화(interleave) 과정을 거친 뒤, 이 신호를 $c_{u,m}$이라 하면, $c_{u,m}$은 사용자별로 분리 가능한 신호가 된다.

<38> $c_{u,m}$이 심볼 맵핑(symbol mapping)을 통해 직교 진폭 변조(Quadrature Amplitude Modulation, QAM) 심볼로 맵핑된 신호를 $x_{u,n}$으로 표시한다.

<39> $x_{u,n}$에 대하여 길이 N개의 심볼 블록 기준으로 뒷 쪽 L(N>L)개의 동일 심볼을 블록 앞에 위치(이러한 L개의 동일 심볼을 순환 프리픽스(Cyclic Prefix, CP)라 한다.) 시킨 뒤 전송한다.

<40> 수신 단에서는 송신 단과 반대로 신호의 앞부분에서 CP 만큼의 길이에 해당하는 신호를 제거하고 N개의 수신 신호 블록들을 구성한다. 참고로 N은 뒤이어서 수행될 FFT의 크기와 동일하다. 이러한 여러 개의 블록들 중 한 개의 해당 블록 중에서, 시간 n에서의 수신 신호는 하기 수학식 1과 같이 나타낼 수 있다.

<41> [수학식 1]

<42>
$$r_n = \sum_{u=1}^{U} \sum_{l=0}^{L} h_{u,l} x_{u,(n-l)_N} + w_n, \quad 0 \le n < N$$

<43> 여기서 U는 전체 사용자의 수, L+1은 채널 길이, $(n)_N$은 n modulo N의 residue 를 의미하고, $h_{u,l}$은 u번째 사용자의 l번째 채널 특성에 상응하는 계수, $x_{,(n-1)N}$은 u번째 사용자의 $(n-1)_N$번째 심볼, W_n 은 잡음을 의미한다.

<44> 도 2는 도 1에 도시된 복원 신호 생성 단계(S130)의 일 예를 나타낸 동작 흐름도이다.

<45> 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 방법은 간섭 제거 신호를 맵 검파기를 통해 검파한다(S210).

<46> 맵 검파된 신호는 사용자 별로 특화된 인터리브 복호화 과정에 의해 복호화되고(S220), 인터리브 복호화된 신호는 사용자 별로 특화된 역확산 과정에 의해 처리된다(S230).

<47> 도 3은 도 1에 도시된 간섭 제거 신호 생성 단계(S120)의 일 예를 나타낸 동작 흐름도이다.

<48> 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 방법은 복원 신호를 사용자 별로 특화된 변조 과정에 의해 재변조하고(S310), 재변조된 신호를 심볼 맵핑(Symbol Mapping) 과정에 의해 처리한다(S320).

<49> 이 때, 심볼 맵핑 과정은 소프트 맵핑(Soft Mapping) 과정일 수 있다.

<50> 상기 수신 신호 및 심볼 맵핑된 신호는 FFT 단계(S330, S340)에 의해 시간 영역 신호에서 주파수 영역 신호로 변환된다.

<51> FFT에 의해 변환된 뒤 단계(S350)을 통과한 뒤의 신호는 주파수 영역의 신호이지만, 수식 유도의 편의상 u번째 사용자의 시간 영역 신호 $\mathbf{z}_u=\{z_{u,0}, z_{u,1}, \ldots, z_{u,N-1}\}$를 계산하면, 하기 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

<52> [수학식 2]

$$\mathbf{z}_u = \mathbf{H}_u\mathbf{x}_u + \sum_{u'=1,u'\neq u}^{U}\mathbf{H}_{u'}(\mathbf{x}_{u'} - \bar{\mathbf{x}}_{u'}) + \mathbf{w}$$

<53>

<54> 여기서, $\mathbf{x}_u$ 와 $\bar{\mathbf{x}}_u$ 는 각각 u번째 사용자의 전송 심볼 벡터와 전송 심볼 벡터의 평균 벡터를 의미하고, 두 벡터 간의 관계는 하기 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

<55> [수학식 3]

<56> $$\bar{x}_{u,n} = E[x_{u,n}]$$

<57> 또한, 각 벡터의 원소(element)를 표시하면 하기 수학식 4 및 수학식 5와 같다.

<58> [수학식 4]

<59> $$x_u = \{x_{u,0}, x_{u,1}, \cdots, x_{u,N-1}\}$$

<60> [수학식 5]

<61> $$\bar{x}_u = \{\bar{x}_{u,0}, \bar{x}_{u,1}, \cdots, \bar{x}_{u,N-1}\}$$

<62> 또한, 여기서 $\mathbf{w}$는 그 공분산(covariance) 행렬이 하기 수학식 6을 만족하는 부가적인 백색 가우시안 잡음(Additive White Gaussian Noise, AWGN)에 상응하는 벡터를 의미한다.

<63> [수학식 6]

<64> $$E[\mathbf{w}\mathbf{w}^H] = \sigma_w^2\mathbf{I}_N$$

<65> 여기서 $\mathbf{I}_N$은 N by N 단위 행렬이다.

<66> 또한, 여기서 $\mathbf{H}_u$ 는 하기 수학식 7과 같이 정의된다.

<67> [수학식 7]

<68> $$\mathbf{H}_u = \mathrm{Circ}_N[h_{u,0}, h_{u,1}, \ldots, h_{u,L}]$$

<69> 여기서 $\mathrm{Circ}_N[h_{u,0},h_{u,1},\ldots,h_{u,L}]$의 정의는 첫 열 벡터가 N개의 원소를 가지는 $[h_{u,0},h_{u,1},\ldots,h_{u,L},0,\ldots,0]^T$인 N by N 순환(circulant) 행렬이며, 이는 송수신 채널 특성에 상응하는 값을 가진다.

<70> 도 4는 도 3에 도시된 주파수 영역에서 등화 단계(S360)의 일 예를 나타낸 동작 흐름도이다.

<71> 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 방법은 상기 다른 사용자에 의한 신호 기여분을 차감한 신호를 추정하고(S410), 여기서 추정된 신호에 대한 사용자 간 간섭을 고려하여 주파수 영역에서 등화 과정을 수행한다(S420).

<72> 도 5는 도 3에 도시된 재변조 단계(S310)의 일 예를 나타낸 동작 흐름도이다.

<73> 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 방법은 복원 신호를 사용자 별로 특화된 확산 과정에 의해 확산하고(S510), 확산된 신호를 사용자 별로 특화된 인터리브 부호화 과정에 의해 부호화한다(S520).

<74> 이 때, 각 사용자의 확산 후의 신호 값과 복원 신호 생성 단계(S120)에서 인터리브 복호화되고, 역확산되기 전의 신호 값을 이용하여, 확산 과정을 거친 신호 $c_{u,l}$ 의 외적(extrinsic) 추측 비율(Log-Likelihood Ratio, LLR) 값 $\{L_D(c_{u,l})\}_{l=0}^{M(N-1)}$ 을 구할 수 있다.

<75> 이 때, 상기 각 사용자의 확산 후의 신호 값에서 상기 역확산되기 전의 신호 값을 뺀 신호를 인터리브 부호화한 신호는 상기 LLR 값을 통해 하기 수학식 8과 같이 나타내어진다.

<76> [수학식 8]

<77>
$$\{L_{EA}(c_{u,m})\}_{m=0}^{M(N-1)} = \Pi_u\left[\{L_D(c_{u,l})\}_{l=0}^{M(N-1)}\right]$$

<78> 여기서, M은 변조 인덱스를 의미한다. 예를 들어, 사분 위상 변이 방법(Quadratic Phase Shift Keying, QPSK)에 의할 경우에는 M=2 이다.

<79> 이를 이용하여, 전송 심볼 $\mathbf{x}_{u,n}$의 평균 벡터는 하기 수학식 9와 같이 구할 수 있다.

<80> [수학식 9]

<81>
$$\bar{x}_{u,n} = \frac{1}{\sqrt{2}}\left\{\tan\left[L_{EA}(c_{u,2n})/2\right] + i\tan\left[L_{EA}(c_{u,2n+1})/2\right]\right\}$$

<82> 이를 이용하여, 코스트 함수(Cost Funtion) $E\left(|\mathbf{x}_{u,n} - \hat{\mathbf{x}}_{u,n}|^2\right)$ 를 최소화하는 최소 오차 제곱 합(Minimum Mean-Square Error, MMSE)을 제공하는 전송 심볼 $\mathbf{x}_{u,n}$의 추정 값 $\hat{\mathbf{x}}_{u,n}$ 은 하기 수학식 10과 같이 나타내어진다.

<83> [수학식 10]

<84>
$$\hat{x}_{u,n} = E\{x_{u,n}\} + \mathbf{c}_u^H\left(\mathbf{z}_u - E\{\mathbf{z}_u\}\right)$$

<85> 상기 추정 값은 추정된 신호에 대응하는 값이며, 이로부터 신호 등화 단계(S420)에서의 탭(tab) 계수에 상응하는 $\mathbf{c}_u$ 벡터를 구할 수 있다.

<86> 직교 원리(Orthogonal Principle)를 적용하면, 상기 $\mathbf{c}_u$ 벡터를 하기 수학식 11과 같이 계산할 수 있다.

<87> [수학식 11]

<88>
$$\mathbf{c}_u = Cov^{-1}(\mathbf{z}_u, \mathbf{z}_u)Cov(\mathbf{z}_u, x_{u,n})$$
$$= \left(\mathbf{H}_u\mathbf{V}_u\mathbf{H}_u^H + \sum_{u'=1, u'\neq u}^{U}\mathbf{H}_{u'}\mathbf{V}_{u'}\mathbf{H}_{u'}^H + \sigma_w^2\mathbf{I}_N\right)^{-1}\mathbf{H}_u\mathbf{e}$$

<89> 여기서, Cov(**x**,**y**)는 $Cov(\mathbf{x},\mathbf{y}) = E(\mathbf{x}\mathbf{y}^H) - E(\mathbf{x})E(\mathbf{y}^H)$ 로 정의되는 공분산 행렬이고, $\mathbf{V}_u = Cov(\mathbf{x}_u, \mathbf{x}_u) = diag\left(v_{u,0}, v_{u,1}, \cdots, v_{u,N-1}\right)$ 로 정의되며, $v_{u,n} = 1 - \left|\bar{x}_{u,n}\right|^2$,

$$\mathbf{e} = [1, \mathbf{0}_{1\times(N-1)}]^T$$

를 의미한다.

<90> 이 때, 계산 복잡도를 줄이기 위하여 하기 수학식 12와 같은 가정을 도입할 수 있다.

<91> [수학식 12]

<92>
$$\mathbf{V}_u = v_u \mathbf{I}_N = \frac{1}{N} tr(\mathbf{V}_u)\mathbf{I}_N$$

<93> 상기 수학식 12에 의하여, 상기 수학식 10은 하기 수학식 13과 같이 간단해진다.

<94> [수학식 13]

<95>
$$\hat{x}_{u,n} = \mathbf{c}_u^H \left(\mathbf{z}_u - \mathbf{H}_u \bar{\mathbf{x}}_u + \bar{x}_{u,n} \mathbf{H}_u \mathbf{e}\right)$$

<96> 마찬가지로, 상기 수학식 12에 의하여, 상기 수학식 11은 하기 수학식 14와 같이 간단해진다.

<97> [수학식 14]

<98>
$$\mathbf{c}_u \cong \left(v_u \mathbf{H}_u \mathbf{H}_u^H + \sum_{u'=1, u' \neq u}^{U} v_{u'} \mathbf{H}_{u'} \mathbf{H}_{u'}^H + \sigma_w^2 \mathbf{I}_N \right)^{-1} \mathbf{H}_u \mathbf{e}$$

<99> 이 같은 시간 영역에서의 계산을 통하여, 신호 등화 단계(S420)에서의 탭(tap) 계수 행렬 $\mathbf{C}_u$는 이산 푸리에 변환(Discrete Fourier Transform, DFT) 행렬 $\mathbf{F}$를 통하여 $\mathbf{C}_u = \mathbf{F} \times \mathbf{c}_u$ 와 같이 유도되며, 하기 수학식 15와 같이 나타내어진다.

<100> [수학식 15]

<101>
$$\mathbf{C}_u = \left(v_u \breve{\mathbf{H}}_u \breve{\mathbf{H}}_u^H + \sum_{u'=1, u' \neq u}^{U} v_{u'} \breve{\mathbf{H}}_{u'} \breve{\mathbf{H}}_{u'}^H + \sigma_w^2 \mathbf{I}_N \right)^{-1} \breve{\mathbf{H}}_u \mathbf{I}_{N\times 1}$$

<102> 여기서, $\breve{\mathbf{H}}_u$ 는 $\breve{\mathbf{H}}_u = \mathbf{F}\mathbf{H}_u\mathbf{F}^{-1}$ 를 의미하며, $\breve{\mathbf{H}}_u$ 는 대각 행렬(diagonal matrix)로서, 그 (k,k)번째 원소 $\breve{H}_{u,k}$ 는 u번째 사용자에 대한 채널 임펄스 응답(Channel Impulse Response, CIR)의 k번째 원소에 대응하며, 상기 응답의 주파수 영역에서의 표현은 시간 영역에서의 표현에 DFT 행렬 F를 곱하여 얻을 수 있다.

<103> 이를 이용하여, 각 k번째 서브캐리어(subcarrier) 별 탭(tap) 계수는 하기 수학식 16과 같이 표현된다.

<104> [수학식 16]

<105>
$$C_{u,k} = \frac{\breve{H}_{u,k}}{\sigma_w^2 + \sum_{u=1}^{U} v_u \left| \breve{H}_{u,k} \right|^2}$$

<106> 등화 단계는 주파수 영역에서 이루어지므로, 상기 수학식 16을 주파수 영역에서의 식으로 표현하면, 하기 수학식 17과 같이 된다.

<107> [수학식 17]

<108>
$$\hat{X}_{u,k} = C_{u,k}^* Z_{u,k} + (1/N \sum_{k=0}^{N-1} C_{u,k}^* \breve{H}_{u,k} - C_{u,k}^* \breve{H}_{u,k}) \bar{X}_{u,k}$$

<109> 이 때, 전송 심볼의 추정치와는 DFT 행렬 F 에 의하여 $\hat{\mathbf{X}}_u = \mathbf{F}\hat{\mathbf{x}}_u$ 의 관계에 있게 되며, 여기서 $\mathbf{Z}_{u,k}$는 상기 수학식 2로 표현된 $\mathbf{z}_u$ 벡터를 주파수 영역에서 표시한 것을 의미하고, $\bar{X}_{u,k}$는 상기 수학식 9로 표현된 전송 심볼 $\mathbf{x}_{u,n}$의 평균 벡터를 주파수 영역에서 표현한 것의 k번째 원소를 의미한다.

<110> 최종 복원 신호의 LLR 값은 상기 수학식 17을 이용하여, 하기 수학식 18 및 수학식 19와 같이 구할 수 있다.

<111> [수학식 18]

<112>
$$L_E(c_{u,2n}) = \frac{2\sqrt{2}\,\mathrm{Re}\{\hat{x}_{u,n}\}\mu_u}{\sigma_u^2}$$

<113> [수학식 19]

<114>
$$L_E(c_{u,2n+1}) = \frac{2\sqrt{2}\,\mathrm{Im}\{\hat{x}_{u,n}\}\mu_u}{\sigma_u^2}$$

<115> 여기서, μ_u는 신호 추정치 $\{\hat{x}_{u,n}\}_{n=0}^{N-1}$ 의 평균이고, 하기 수학식 20과 같이 구할 수 있다.

<116> [수학식 20]

<117>
$$\mu_u = \frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1} C_{u,k}^{*}\breve{H}_{u,k}$$

<118> 또한, σ_u는 신호 추정치 $\{\hat{x}_{u,n}\}_{n=0}^{N-1}$ 의 분산이고, 하기 수학식 21과 같이 구할 수 있다.

<119> [수학식 21]

<120>
$$\sigma_u^2 = \mu_u - v_u\mu_u^2$$

<121> 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 장치를 나타낸 블록도이다.

<122> 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 장치는 수신부(620), 간섭 제거 신호 생성부(630), 복원 신호 생성부(640)를 포함한다.

<123> 이 때, 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 장치는 송신부(610)를 더 포함할 수 있다.

<124> 수신부(620)는 무선 통신 시스템에서의 단일 반송파 신호를 사용자 별로 특화된 변조 과정에 의해 변조하여 생성된 송신 신호를 수신하여 수신 신호를 생성한다.

<125> 이 때, 수신부(620)는 수신한 송신 신호 시퀀스의 앞부분에서 순환 프리픽스(Cyclic Prefix, CP) 심볼을 제거하고 수신 신호 블록들을 구성하는 단계를 포함할 수 있다.

<126> 간섭 제거 신호 생성부(630)는 수신한 상기 수신 신호에 대하여 복원 신호를 이용하여 다중 사용자에 의한 신호 간섭을 제거하여 간섭 제거 신호를 생성한다.

<127> 복원 신호 생성부(640)는 상기 간섭 제거 신호를 이용하여 상기 수신 신호를 사용자 별로 특화된 복원 과정에 의해 복원하여 상기 복원 신호를 생성한다.

<128> 본 발명의 데이터 송수신 장치는 상기 간섭 제거 신호 생성부(630)와 상기 복원 신호 생성부(640)를 한 번 이상 거쳐 생성된 상기 복원 신호를 최종 복원 신호로 채택하는 것을 특징으로 한다.

<129> 이 때, 상기 간섭 제거 신호 생성부(630)와 상기 복원 신호 생성부(640)를 반복하여 거치는 횟수를 미리 정할

수 있다.

<130> 이 때, 상기 사용자 별로 특화된 복원 과정은 상기 사용자 별로 특화된 변조 과정을 역으로 진행하는 것일 수 있다.

<131> 이 때, 상기 사용자 별로 특화된 복원 과정은 사용자 별로 특화된 인터리브 복호화기(De-interleaver) 및 사용자 별로 특화된 역확산기(De-spreader)를 포함할 수 있다.

<132> 이 때, 상기 사용자 별로 특화된 복원 과정은 심볼 맵핑된 신호를 검파하는 맵 검파기(Map Detector)를 거치도록 할 수 있다.

<133> 이 때, 상기 간섭 제거 신호 생성부(630)는 상기 복원 신호를 추정(estimate)하는 단계 및 상기 추정된 신호에 대한 사용자 간 간섭을 고려하여 주파수 영역에서 상기 추정된 신호의 등화(equalization) 과정을 수행하는 신호 등화기(equalizer)를 포함할 수 있다.

<134> 이 때, 상기 신호의 등화 과정은 신호의 추정치(estimation)에 의한 평균 오차 제곱합(Mean-Square Error)을 최소화하는 것일 수 있다.

<135> 이 때, 상기 간섭 제거 신호 생성부(630)는 상기 복원 신호에 대하여 통신 채널을 거친 다른 사용자에 의한 신호의 기여분 만큼을 차감(subtract)하는 다중 사용자 간 간섭 상쇄기(Multi-user Interference Canceller)를 포함할 수 있다.

<136> 이 때, 상기 간섭 제거 신호 생성부(630)는 상기 복원 신호에 대하여 상기 사용자 별로 특화된 변조 과정과 동일한 변조 과정을 수행하는 재변조기를 포함할 수 있다.

<137> 이 때, 상기 간섭 제거 신호 생성부(630)는 상기 복원 신호 및 상기 수신 신호에 대하여 빠른 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)을 수행하는 빠른 푸리에 변환기 및 다중 사용자에 의한 신호 간섭을 제거한 신호에 대하여 빠른 푸리에 역변환(Inverse Fast Fourier Transform, IFFT)을 수행하여 간섭 제거 신호를 생성하는 빠른 푸리에 역변환기를 포함할 수 있다.

<138> 이 때, 상기 사용자 별로 특화된 변조 과정은 신호를 포워드 에러 정정(Forward Error Correction, FEC) 블록을 통해 부호화하는 단계를 포함할 수 있다.

<139> 수신 신호가 생성되는 과정은 다음과 같이 설명된다. 0과 1로 되어 있는 입력 신호 블록(input data sequence)은 FEC 과정을 통해 부호화되고 사용자 별로 특화된 u번째 사용자에 대한 확산 과정을 거친다.

<140> 이 때의 확산(spread) 과정을 거친 신호를 $c_{u,l}$ 라 하고, 이 신호가 $\prod_u$ 로 표시되는 u 번째 사용자에 대한 인터리브 부호화(interleave) 과정을 거친 뒤, 이 신호를 $c_{u,m}$이라 하면, $c_{u,m}$은 사용자별로 분리 가능한 신호가 된다.

<141> $c_{u,m}$이 심볼 맵핑(symbol mapping)을 통해 직교 진폭 변조(Quadrature Amplitude Modulation, QAM) 심볼로 맵핑된 신호를 $x_{u,n}$으로 표시한다.

<142> $x_{u,n}$에 대하여 길이 N개의 심볼 블록 기준으로 뒷 쪽 L(N>L)개의 동일 심볼을 블록 앞에 위치(이러한 L개의 동일 심볼을 순환 프리픽스(Cyclic Prefix, CP)라 한다.) 시킨 뒤 전송한다.

<143> 수신 단에서는 송신 단과 반대로 신호의 앞부분에서 CP 만큼의 길이에 해당하는 신호를 제거하고 N개의 수신 신호 블록들을 구성한다. 참고로 N은 뒤이어서 수행될 FFT의 크기와 동일하다. 이러한 여러 개의 블록들 중 한 개의 해당 블록 중에서, 시간 n에서의 수신 신호는 상기 수학식 1과 같이 나타낼 수 있다.

<144> 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 장치의 블록도이다.

<145> 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 장치는 수신부(710), 간섭 제거 신호 생성부, 복원 신호 생성부(730, 750)를 포함한다.

<146> 이 때, 복원 신호 생성부(730, 750)는 인터리브 복호화기 및 역확산기를 포함한다.

<147> 이 때, 복원 신호 생성부(730, 750)는 맵 검파기를 더 포함할 수 있다.

<148> 맵 검파기는 간섭 제거 신호를 검파하며, 사용자 별로 특화된 인터리브 복호화기는 맵 검파된 신호를 복호화한

다.

<149> 사용자 별로 특화된 역확산기는 인터리브 복호화된 신호를 역확산한다.

<150> 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 장치의 간섭 제거 신호 생성부는 재변조기(740, 760)를 포함한다.

<151> 이 때, 재변조기(740, 760)는 복원 신호를 사용자 별로 특화된 변조 과정에 의해 재변조한다.

<152> 이 때, 재변조기는 심볼 맵퍼를 더 포함할 수 있다.

<153> 심볼 맵퍼는 재변조된 신호를 심볼 맵핑(Symbol Mapping) 한다.

<154> 이 때, 심볼 맵핑은 소프트 맵핑(Soft Mapping)일 수 있다.

<155> 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 장치의 간섭 제거 신호 생성부는 빠른 푸리에 변환기, 다중 사용자 간 간섭 상쇄기, 최소 오차 제곱 합을 찾는 주파수 영역 신호 등화기(MMSE FDE), 빠른 푸리에 역변환기를 포함할 수 있다.

<156> 빠른 푸리에 변환기는 수신 신호 및 재변조된 신호를 시간 영역 신호에서 주파수 영역 신호로 변환하여 출력한다.

<157> 다중 사용자 간 간섭 상쇄기는 주파수 영역 신호를 이용하여 다른 사용자에 의한 신호 기여분을 차감한 신호를 생성한다.

<158> 상기 다른 사용자에 의한 신호 기여분을 차감한 신호는 FFT를 거친 주파수 영역의 신호이지만, 수식 유도의 편의상 u번째 사용자의 시간 영역 신호 $\mathbf{z}_u=\{z_{u,0}, z_{u,1}, \ldots, z_{u,N-1}\}$를 계산하면, 상기 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

<159> 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 장치의 신호 추정 및 등화기는 신호 추정기와 신호 등화기를 포함한다.

<160> 신호 추정기는 상기 다른 사용자에 의한 신호 기여분을 차감한 신호를 추정하고, 신호 등화기는 추정된 신호를 그 신호에 대한 사용자 간 간섭을 고려하여 주파수 영역에서 등화(equalize)한다.

<161> 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 장치의 재변조기(740, 760)는 확산기와 인터리브 부호화기를 포함한다.

<162> 확산기(spreader)는 복원 신호를 사용자 별로 특화된 확산 과정에 의해 확산하고, 인터리브 부호화기(interleaver) 는 확산된 신호를 사용자 별로 특화된 인터리브 부호화 과정(interleaving process)에 의해 부호화(interleave)한다.

<163> 이 때, 각 사용자의 확산 후의 신호 값과, 복원 신호 생성부(730, 750)에서 인터리브 복호화되고, 역확산되기 전의 신호 값을 이용하여, 확산 과정을 거친 신호 $c_{u,l}$ 의 외적(extrinsic) 추측 비율(Log-Likelihood Ratio, LLR) 값 $\left\{L_D(c_{u,l})\right\}_{l=0}^{M(N-1)}$ 을 구할 수 있다.

<164> 이 때, 상기 각 사용자의 확산 후의 신호 값에서 상기 역확산되기 전의 신호 값을 뺀 신호를 인터리브 부호화한 신호는 상기 LLR 값을 통해 상기 수학식 8과 같이 나타내어진다.

<165> 여기서, M은 변조 인덱스를 의미한다. 예를 들어, 사분 위상 변이 방법(Quadratic Phase Shift Keying, QPSK)에 의할 경우에는 M=2 이다.

<166> 이를 이용하여, 전송 심볼 $\mathbf{x}_{u,n}$의 평균 벡터는 상기 수학식 9와 같이 구할 수 있다.

<167> 이를 이용하여, 코스트 함수(Cost Funtion) $E\left(\left|\mathbf{x}_{u,n}-\hat{\mathbf{x}}_{u,n}\right|^2\right)$ 를 최소화하는 최소 오차 제곱 합(Minimum Mean-Square Error, MMSE)을 제공하는 전송 심볼 $\mathbf{x}_{u,n}$의 추정 값 $\hat{\mathbf{x}}_{u,n}$ 은 상기 수학식 10과 같이 나타내어진다.

<168> 상기 추정 값은 추정된 신호에 대응하는 값이며, 이로부터 신호 등화기에서의 탭(tap) 계수에 상응하는 $\mathbf{c}_u$ 벡터를 구할 수 있다.

<169> 직교 원리(Orthogonal Principle)를 적용하면, 상기 $\mathbf{c}_u$ 벡터를 상기 수학식 11과 같이 계산할 수 있다.

<170> 이 때, 계산 복잡도를 줄이기 위하여 상기 수학식 12와 같은 가정을 도입할 수 있다.

<171> 상기 수학식 12에 의하여, 상기 수학식 10은 상기 수학식 13과 같이 간단해진다.

<172> 마찬가지로, 상기 수학식 12에 의하여, 상기 수학식 11은 상기 수학식 14와 같이 간단해진다.

<173> 이 같은 시간 영역에서의 계산을 통하여, 신호 등화기에서의 탭(tap) 계수 행렬 $\mathbf{C}_u$는 이산 푸리에 변환(Discrete Fourier Transform, DFT) 행렬 $\mathbf{F}$를 통하여 $\mathbf{C}_u = \mathbf{F} \times \mathbf{c}_u$ 와 같이 유도되며, 상기 수학식 15와 같이 나타내어진다.

<174> 이를 이용하여, 각 k번째 서브캐리어(subcarrier) 별 탭(tap) 계수는 상기 수학식 16과 같이 표현된다.

<175> 등화 단계는 주파수 영역에서 이루어지므로, 상기 수학식 16을 주파수 영역에서의 식으로 표현하면, 상기 수학식 17과 같이 된다.

<176> 이 때, 전송 심볼의 추정치와는 DFT 행렬 F 에 의하여 $\hat{\mathbf{X}}_u = \mathbf{F}\hat{\mathbf{x}}_u$ 의 관계에 있게 되며, 여기서 $\mathbf{Z}_{u,k}$는 상기 수학식 2로 표현된 $\mathbf{z}_u$ 벡터를 주파수 영역에서 표시한 것을 의미하고, $\bar{X}_{u,k}$는 상기 수학식 9로 표현된 전송 심볼 $\mathbf{x}_{u,n}$의 평균 벡터를 주파수 영역에서 표현한 것의 k번째 원소를 의미한다.

<177> 최종 복원 신호의 LLR 값은 상기 수학식 17을 이용하여, 상기 수학식 18 및 수학식 19와 같이 구할 수 있다.

<178> 이 때, μ_u는 신호 추정치 $\{\hat{x}_{u,n}\}_{n=0}^{N-1}$ 의 평균이고, 상기 수학식 20과 같이 구할 수 있다.

<179> 또한, σ_u는 신호 추정치 $\{\hat{x}_{u,n}\}_{n=0}^{N-1}$ 의 분산이고, 상기 수학식 21과 같이 구할 수 있다.

<180> 도 8은 도 6에 도시된 송신부의 일 예를 나타낸 블록도이다.

<181> 도 8을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 장치의 송신부는 FEC 블록(810), 사용자 별로 특화된 확산기(820), 사용자 별로 특화된 인터리브 부호화기(830), 심볼 맵퍼(840), 순환 프리픽스 처리기(850)를 포함한다.

<182> 이 때, 순환 프리픽스 처리기(850)는 길이 N개의 심볼 블록 기준으로 뒷 쪽 L(N>L)개의 동일 심볼을 블록 앞에 위치(이러한 L개의 동일 심볼을 순환 프리픽스(Cyclic Prefix, CP)라 한다.) 시킨 뒤 신호를 전송한다.

<183> 본 발명에 따른 데이터 송수신 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(Magnetic Media), CD-ROM, DVD와 같은 광 기록 매체(Optical Media), 플롭티컬 디스크(Floptical Disk)와 같은 자기-광 매체(Magneto-Optical Media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다.

<184> 상기 매체는 프로그램 명령, 데이터 구조 등을 지정하는 신호를 전송하는 반송파를 포함하는 광 또는 금속선, 도파관 등의 전송 매체일 수도 있다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐 만 아니라 인터프리터 등을 사용하여 컴퓨터에 의해 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위하여 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

<185> 이상과 같이 본 발명은 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

<186> 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

발명의 효과

<187> 본 발명에 따른 데이터 송수신 방법 및 그 장치에 의하면, 다중 사용자 간 간섭을 제거하여 비트 오율 성능을 개선하고, 셀 용량을 증대시킬 수 있다.

<188> 또한, 본 발명에 따른 데이터 송수신 방법 및 그 장치에 따르면, 하드웨어의 구현 복잡도를 감소시키면서도 성능을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 방법을 나타낸 동작 흐름도이다.

<2> 도 2는 도 1에 도시된 복원 신호 생성 단계의 일 예를 나타낸 동작 흐름도이다.

<3> 도 3, 도 4, 및 도 5는 도 1에 도시된 간섭 제거 신호 생성 단계의 일 예를 나타낸 동작 흐름도이다.

<4> 도 6 및 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 송수신 장치를 나타낸 블록도이다.

<5> 도 8은 도 6에 도시된 송신부의 일 예를 나타낸 블록도이다.

<6> <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

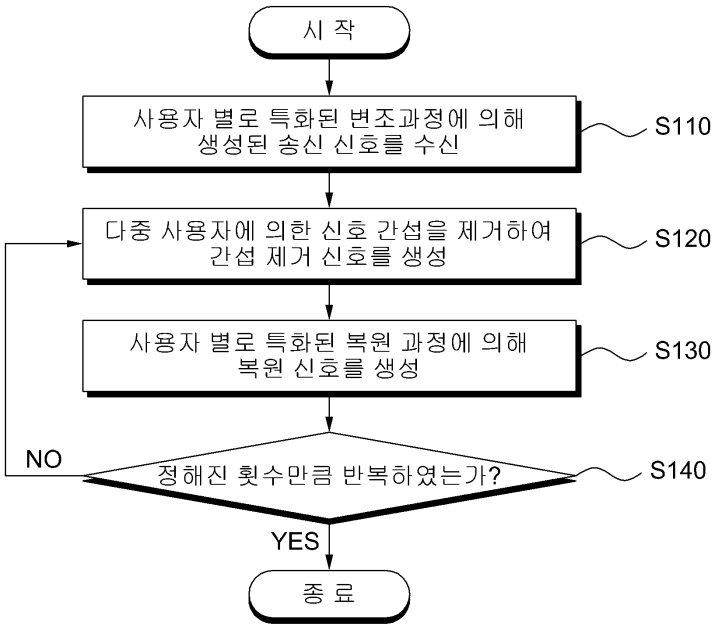
<7> S120: 간섭 제거 신호 생성 단계 S130: 복원 신호 생성 단계

<8> 610: 송신부 620: 수신부

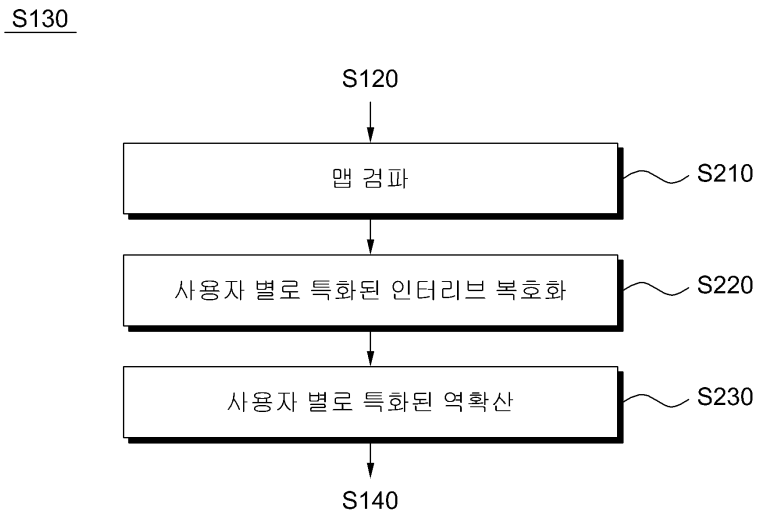
<9> 630: 간섭 제거 신호 생성부 640: 복원 신호 생성부

도면

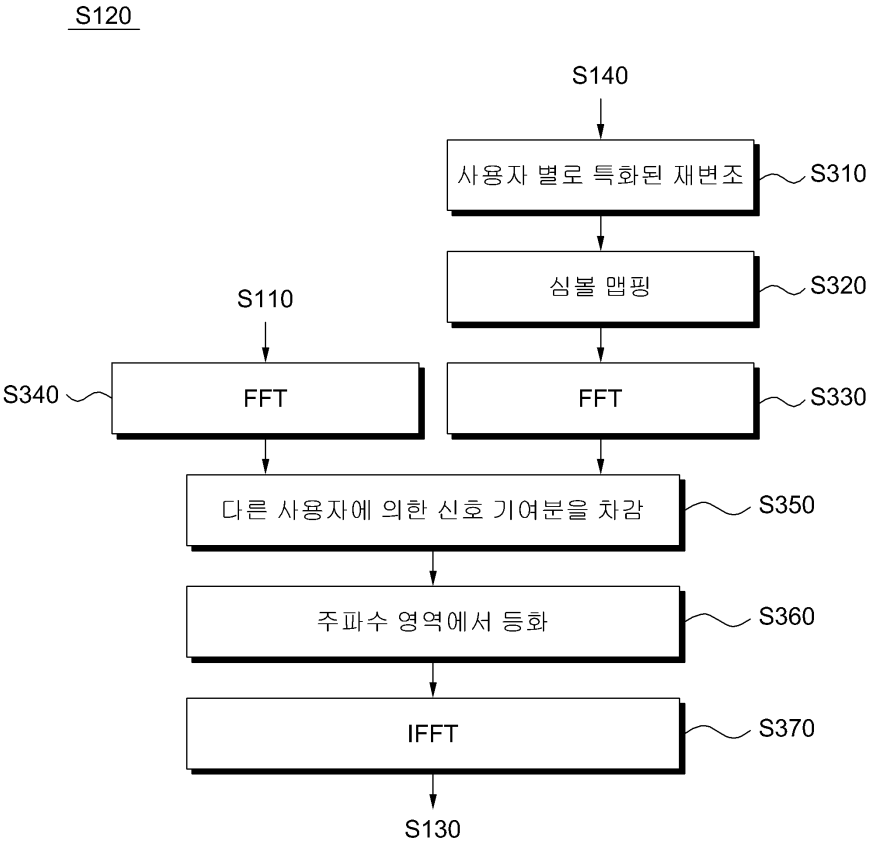
도면1


시 작
사용자 별로 특화된 변조과정에 의해 생성된 송신 신호를 수신
S110
다중 사용자에 의한 신호 간섭을 제거하여 간섭 제거 신호를 생성
S120
사용자 별로 특화된 복원 과정에 의해 복원 신호를 생성
S130
정해진 횟수만큼 반복하였는가?
S140
NO
YES
종 료

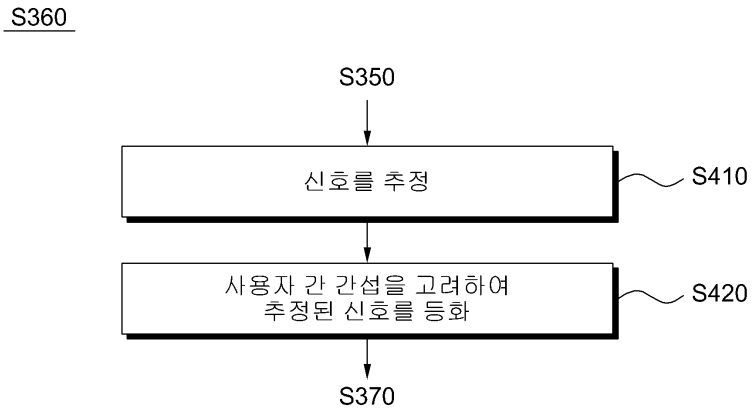
도면2


S130
S120
맵 검파
S210
사용자 별로 특화된 인터리브 복호화
S220
사용자 별로 특화된 역확산
S230
S140

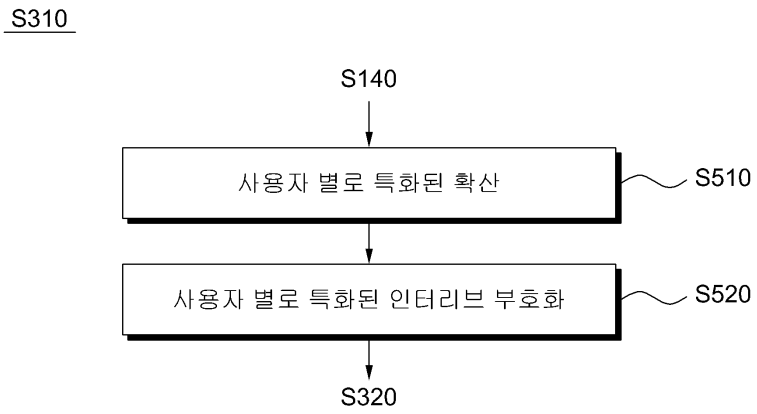
도면3


S120
S140
사용자 별로 특화된 재변조
S310
심볼 맵핑
S320
S110
S340
FFT
FFT
S330
다른 사용자에 의한 신호 기여분을 차감
S350
주파수 영역에서 등화
S360
IFFT
S370
S130

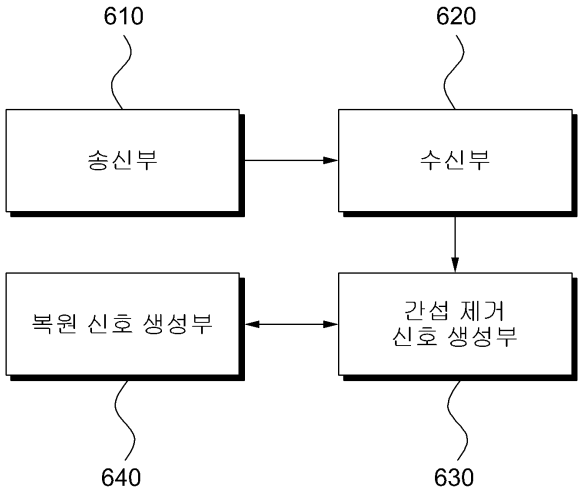
도면4


S360
S350
신호를 추정
S410
사용자 간 간섭을 고려하여
추정된 신호를 등화
S420
S370

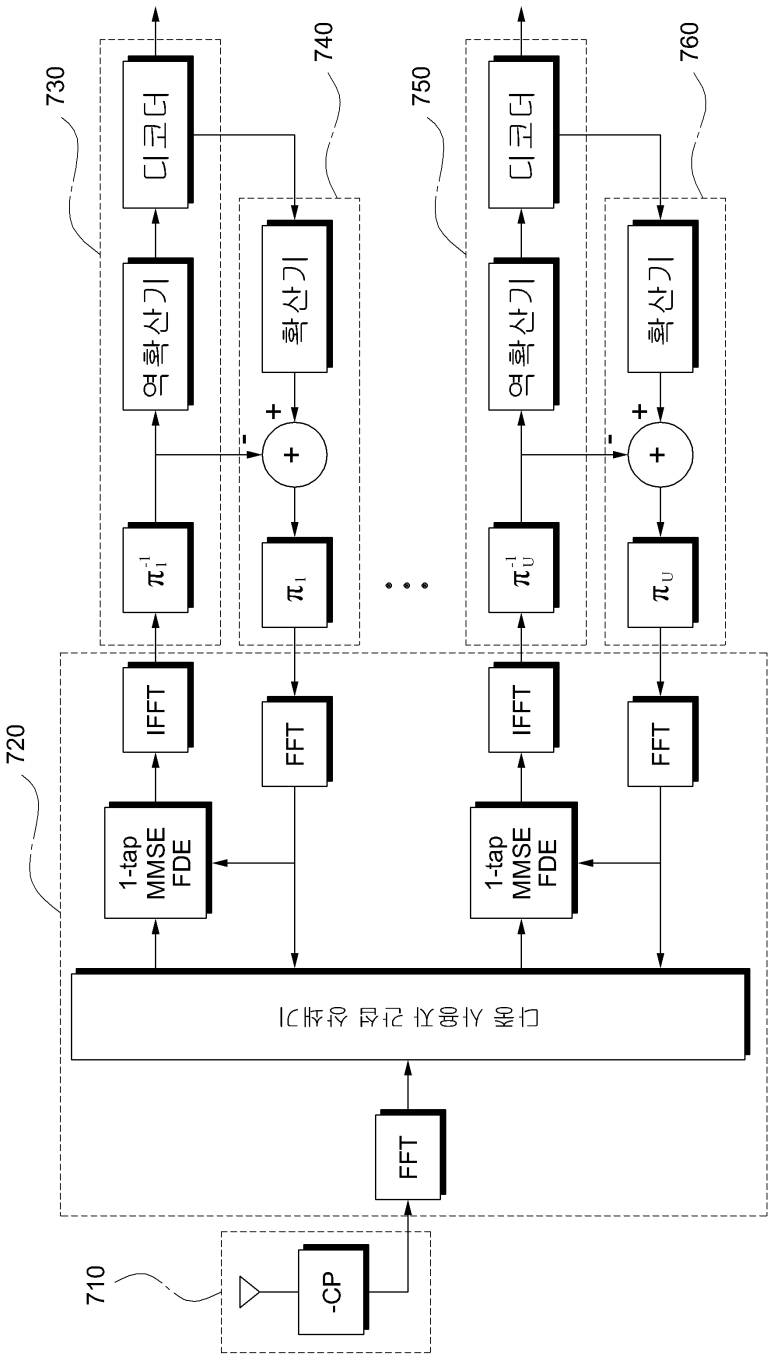
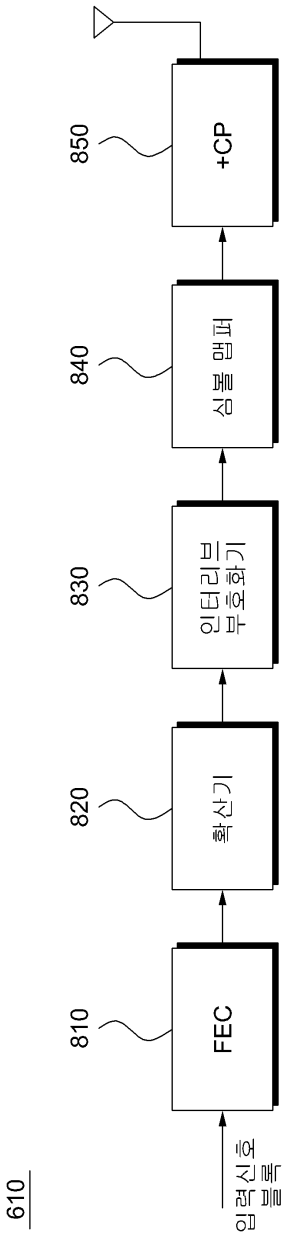
도면5


S310
S140
사용자 별로 특화된 확산
S510
사용자 별로 특화된 인터리브 부호화
S520
S320

도면6


610
620
송신부
수신부
복원 신호 생성부
간섭 제거
신호 생성부
640
630

도면7


730
740
750
760
디코더
역확산기
확산기
π_1^{-1}
π_1
π_U^{-1}
π_U
IFFT
FFT
720
1-tap MMSE FDE
다중 사용자 간섭 상쇄기
710
-CP

도면8