



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년01월26일
(11) 등록번호 10-1486148
(24) 등록일자 2015년01월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04L 27/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0081223

(22) 출원일자 2013년07월10일

심사청구일자 2013년07월10일

(65) 공개번호 10-2015-0007161

(43) 공개일자 2015년01월20일

(56) 선행기술조사문헌

EP01962463 A1*

JP2008118656 A*

US20090004984 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

포항공과대학교 산학협력단

경상북도 포항시 남구 청암로 77 (지곡동)

영남대학교 산학협력단

경상북도 경산시 대학로 280 (대동)

(72) 발명자

최권후

경북 경산시 대학로 280, IT관 337호 (대동, 영남대학교)

김봉석

경북 경산시 압량면 대학로75길 39-1,

(74) 대리인

특허법인이상

전체 청구항 수 : 총 8 항

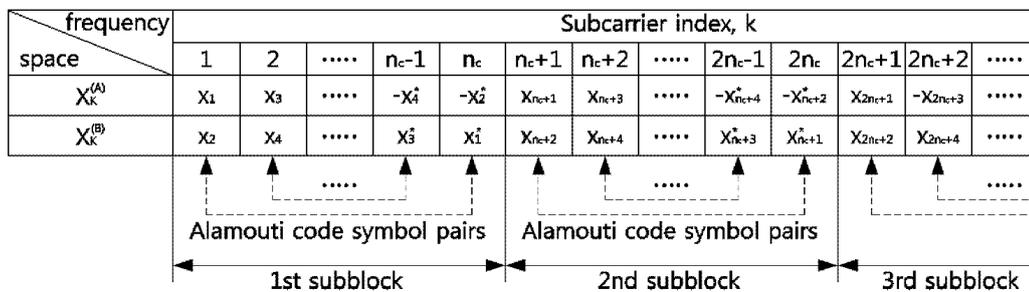
심사관 : 남인호

(54) 발명의 명칭 무선 통신 시스템의 부반송파간 간섭 제거 방법 및 이를 수행하는 장치

(57) 요약

무선 통신 시스템의 부반송파간 간섭 제거 방법이 개시된다. 송신 장치에서 수행되는 간섭 제거 방법은 가용한 전체 부반송파를 복수의 서브블록으로 구분하고, 구분된 각 서브블록에 포함되는 부반송파들에 대해 입력 심볼들을 매핑하여 알라무티 코드 심볼쌍(Alamouti code symbol pairs)을 구성한 후, 알라무티 코드 심볼쌍에 대해 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)를 수행하는 과정을 포함한다. 따라서, 주파수 선택적 페이딩 채널 환경에서 부반송파간 간섭을 효율적으로 제거할 수 있다.

대표도



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 ITAH0301130330020001000100100
 부처명 지식경제부
 연구관리전문기관 주식회사이노와이어리스
 연구사업명 대학IT연구센터 육성 지원사업
 연구과제명 융합 단말을 위한 내장형 소프트웨어 기술 연구
 기여율 1/2
 주관기관 포항공과대학교 산학협력단
 연구기간 2013.01.01 ~ 2013.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012-R1A1A4A01015628
 부처명 교육과학기술부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 일반연구자 지역우수과학자
 연구과제명 Beyond 4G 통신을 위한 협력기지국 OFDMA 시스템에서 송신노드 간 시간/주파수 오차 극복
 기술
 기여율 1/2
 주관기관 영남대학교
 연구기간 2013.05.01 ~ 2014.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

송신 장치에서 수행되는 간섭 제거 방법에 있어서,
 가용한 전체 부반송파를 복수의 서브블록으로 구분하는 단계;
 상기 구분된 각 서브블록에 포함되는 부반송파들에 대해 입력 심볼들을 매핑하여 알라무티 코드 심볼쌍 (Alamouti code symbol pairs)을 구성하는 단계; 및
 상기 알라무티 코드 심볼쌍에 대해 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)를 수행하는 단계를 포함하고,
 상기 복수의 서브블록의 개수는 수신장치로부터 보고된 채널 상태 정보에 기초한 주파수 선택적 페이딩 채널 특성에 기초하여 적응적으로 결정되는 것을 특징으로 하는, 부반송파간 간섭 제거 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서,
 상기 알라무티 코드 심볼쌍을 구성하는 단계는,
 상기 각 서브블록을 구성하는 n_c 개의 부반송파들 중 $n_c/2$ 와 $n_c/2+1$ 사이에 미러 포인트(mirror point)를 위치시키는 단계; 및
 상기 미러 포인트를 기준으로 미러 이미지(mirror image) 위치에 존재하는 두 개의 부반송파를 이용하여 상기 알라무티 코드 심볼쌍을 구성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 부반송파간 간섭 제거 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,
 상기 알라무티 코드 심볼쌍에 대해 IFFT를 수행하는 단계는,
 상기 알라무티 코드 심볼쌍에 대해 $2N$ -포인트(여기서, N 은 자연수임) IFFT를 수행하는 것을 특징으로 하는 부반송파간 간섭 제거 방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,
 상기 알라무티 코드 심볼쌍에 대해 IFFT를 수행하는 단계는,
 상기 각 서브블록에 상응하는 1 내지 $2n_c$ 의 IFFT 입력 중 1 내지 n_c 의 입력에는 알라무티 코드 심볼쌍을 입력하고, n_c+1 내지 $2n_c$ 의 입력에는 0을 삽입하는 것을 특징으로 하는 부반송파간 간섭 제거 방법.

청구항 6

가용한 전체 부반송파를 복수의 서브블록으로 구분하고, 상기 구분된 각 서브블록에 포함되는 부반송파들에 대해 입력 심볼들을 매핑하여 알라무티 코드 심볼쌍(Alamouti code symbol pairs)을 구성하는 서브블록 분할부; 및
 상기 알라무티 코드 심볼쌍에 대해 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)를 수행하는 IFFT부를 포함하고,
 상기 복수의 서브블록의 개수는 수신장치로부터 보고된 채널 상태 정보에 기초한 주파수 선택적 페이딩 채널 특성에 기초하여 적응적으로 결정되는 것을 특징으로 하는, 부반송파간 간섭 제거 장치.

청구항 7

삭제

청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 서브블록 분할부는,

상기 각 서브블록을 구성하는 n_c 개의 부반송파들 중 $n_c/2$ 와 $n_c/2+1$ 사이를 기준으로 미러 이미지(mirror image) 위치에 존재하는 두 개의 부반송파를 이용하여 상기 알라무티 코드 심볼쌍을 구성하는 것을 특징으로 하는 부반송파간 간섭 제거 장치.

청구항 9

청구항 6에 있어서,

상기 IFFT부는,

상기 알라무티 코드 심볼쌍에 대해 $2N$ -포인트(여기서, N 은 자연수임) IFFT를 수행하는 것을 특징으로 하는 부반송파간 간섭 제거 장치.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 IFFT부는,

상기 각 서브블록에 상응하는 1 내지 $2n_c$ 의 IFFT 입력 중 1 내지 n_c 의 입력에는 알라무티 코드 심볼쌍을 입력하고, n_c+1 내지 $2n_c$ 의 입력에는 0을 삽입하는 것을 특징으로 하는 부반송파간 간섭 제거 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 무선 통신 시스템의 간섭 제거 기술에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 주파수 선택적 페이징 환경에서 부반송파간 간섭을 효율적으로 제거할 수 있는 무선 통신 시스템의 부반송파간 간섭 제거 방법 및 이를 수행하는 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 무선 통신 시스템의 급속한 발전에 따라 고속 대용량의 정보를 고속으로 송수신하고자 하는 요구가 증가하고 있다. 이와 같은 요구를 만족시키기 위해 기존의 셀 커버리지(Cell Coverage) 안에 추가적으로 다수 개의 분산 안테나를 설치하고, 지리적으로 분산된 복수의 송신국들 및 수신기들 사이의 협력적 통신을 수행하는 방법이 사용되고 있다.

[0003] 분산 안테나 시스템은 음영 지역 해소, 송신 전력 감소 및 대역폭 대비 전송 효율 개선 효과가 있으며, 특히 기지국에 광케이블로 연결된 릴레이 노드를 분산 안테나로 활용하는 시스템은 중계 및 제어 신호의 송수신에 추가적인 무선 자원이 요구되지 않아 고효율의 자원 할당 및 분산 안테나간 협조적 신호 전송에 유리하다는 장점이 있다.

[0004] 한편, 반도체 기술의 발전에 따라 많은 수의 부반송파를 처리하는 회로를 하나의 집적 회로에 구현할 수 있게 되면서 고속의 데이터를 저속 병렬 데이터로 변환하여 전송하는 것이 가능해졌고, FFT(Fast Fourier Transform) 신호처리 기술의 이용으로 연산이 더욱 간단해짐에 따라 다양한 상용 무선 및 이동 통신 시스템에 직교 주파수 분할 다중(OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식이 사용되고 있다.

[0005] OFDM을 이용한 무선 통신 방법은 다중 부반송파를 이용함으로써 주파수 선택적 페이딩 채널(frequency selective fading channel) 특성을 가지는 무선 환경에서도 플랫(Flat) 채널 특성을 이용하여 신호를 전송할 수 있도록 한다. 이와 같은 OFDM의 특성을 이용함으로써 대역폭의 효율과 데이터 전송률을 향상시킬 수 있고, 복수

의 채널 각각의 상태에 따라 변조 및 부호화 방법을 유연하게 적응시킬 수 있으며, 분리되어 있는 데이터 자원을 다중화할 수 있다.

[0006] 그러나, OFDM은 다수의 부반송파간 직교 특성을 이용하기 때문에 부반송파간 동기화에 매우 민감한 특성을 갖는다. 특히, 분산안테나 시스템 또는 협력 통신 시스템과 같이 다수의 송신 포인트(또는 노드)를 사용하는 무선 통신 환경에서는 부반송파간의 동기에 오차가 발생하는 경우 매우 심각한 성능 저하를 야기하게 되는 문제점이 있다.

[0007] 한편, 최근에는 분산 안테나 시스템에서 알라무티 코드(Alamouti Code)를 이용하여 송신 안테나 다이버시티 이득을 얻는 알라무티 코드화된(Almouti Coded) OFDM 방식의 사용이 고려되고 있다. 분산 안테나 시스템에서 다이버시티 이득을 최대화하기 위해서는 주파수 오차로 인해 발생하는 부반송파간의 간섭을 감소시켜야만 한다.

[0008] 상술한 바와 같은 현재, OFDM을 이용하는 무선 통신 시스템에서 부반송파간 간섭을 감소시키기 위한 연구들이 진행되고 있다. 그러나, 현재 진행되고 있는 부반송파간 간섭 감소에 관한 연구들은 주로 플랫 페이딩 특성을 가지는 무선 채널 환경을 전제로 하고 있기 때문에 주파수 선택적 페이딩 채널 환경에 적용하는 경우 성능 저하가 발생하는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 상술한 문제를 해결하기 위한 본 발명의 목적은 주파수 선택적 페이딩 채널 환경에서 부반송파간 간섭을 효율적으로 제거할 수 있는 무선 통신 시스템의 부반송파간 간섭 제거 방법을 제공하는 것이다.

[0010] 또한, 본 발명의 다른 목적은 상기 부반송파간 간섭 제거 방법을 수행하는 간섭 제거 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 상술한 본 발명의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 측면에 따른 무선 통신 시스템의 부반송파간 간섭 제거 방법은, 송신 장치에서 수행되는 간섭 제거 방법으로, 가용한 전체 부반송파를 복수의 서브블록으로 구분하는 단계와, 상기 구분된 각 서브블록에 포함되는 부반송파들에 대해 입력 심볼들을 매핑하여 알라무티 코드 심볼쌍(Alamouti code symbol pairs)을 구성하는 단계 및 상기 알라무티 코드 심볼쌍에 대해 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)를 수행하는 단계를 포함한다.

[0012] 여기서, 상기 가용한 전체 부반송파를 복수의 서브블록으로 구분하는 단계는, 상기 송신 장치와 수신 장치의 채널 특성에 따라 구분할 서브블록의 개수를 결정할 수 있다.

[0013] 여기서, 상기 알라무티 코드 심볼쌍을 구성하는 단계는, 상기 각 서브블록을 구성하는 n_c 개의 부반송파들 중 $n_c/2$ 와 $n_c/2+1$ 사이에 미러 포인트(mirror point)를 위치시키는 단계 및 상기 미러 포인트를 기준으로 미러 이미지(mirror image) 위치에 존재하는 두 개의 부반송파를 이용하여 상기 알라무티 코드 심볼쌍을 구성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 여기서, 상기 알라무티 코드 심볼쌍에 대해 IFFT를 수행하는 단계는, 상기 알라무티 코드 심볼쌍에 대해 $2N$ -포인트(여기서, N 은 자연수임) IFFT를 수행할 수 있다.

[0015] 여기서, 상기 알라무티 코드 심볼쌍에 대해 IFFT를 수행하는 단계는, 상기 각 서브블록에 상응하는 1 내지 $2n_c$ 의 IFFT 입력 중 1 내지 n_c 의 입력에는 알라무티 코드 심볼쌍을 입력하고, n_c+1 내지 $2n_c$ 의 입력에는 0을 삽입할 수 있다.

[0016] 또한, 본 발명의 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 측면에 따른 부반송파 간섭 제거 장치는, 가용한 전체 부반송파를 복수의 서브블록으로 구분하고, 상기 구분된 각 서브블록에 포함되는 부반송파들에 대해 입력 심볼들을 매핑하여 알라무티 코드 심볼쌍(Alamouti code symbol pairs)을 구성하는 서브블록 분할부 및 상기 알라무티 코드 심볼쌍에 대해 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)를 수행하는 IFFT부를 포함한다.

[0017] 여기서, 상기 서브블록 분할부는 상기 부반송파간 간섭 제거 장치와 수신 장치의 채널 특성에 따라 구분할 서브블록의 개수를 결정할 수 있다.

[0018] 여기서, 상기 서브블록 분할부는 상기 각 서브블록을 구성하는 n_c 개의 부반송파들 중 $n_c/2$ 와 $n_c/2+1$ 사이를 기준

으로 미리 이미지(mirror image) 위치에 존재하는 두 개의 부반송파를 이용하여 상기 알라무티 코드 심볼쌍을 구성할 수 있다.

[0019] 여기서, 상기 IFFT부는 상기 알라무티 코드 심볼쌍에 대해 $2N$ -포인트(여기서, N 은 자연수임) IFFT를 수행할 수 있다.

[0020] 여기서, 상기 IFFT부는 상기 각 서브블록에 상응하는 1 내지 $2n_c$ 의 IFFT 입력 중 1 내지 n_c 의 입력에는 알라무티 코드 심볼쌍을 입력하고, n_c+1 내지 $2n_c$ 의 입력에는 0을 삽입할 수 있다.

발명의 효과

[0021] 상술한 바와 같은 무선 통신 시스템의 부반송파간 간섭 제거 방법 및 이를 수행하는 장치에 따르면, 주파수 선택적 페이딩이 존재하는 채널 환경에서 가용한 전체 부반송파들을 복수의 서브블록으로 구분하고, 구분된 각 서브블록내에서 미리 이미지를 이용하여 알라무티 코드 심볼쌍을 구성한다.

[0022] 따라서, 주파수 선택적 페이딩 채널 환경에서 분산 안테나 또는 협력 통신 장치의 송신 안테나간 존재하는 주파수 오차에 의한 부반송파간 간섭을 감소시킬 수 있다.

[0023] 또한, 플랫 페이딩 환경에서도 본 발명에 따른 부반송파간 간섭 제거 방법을 적용함으로써 시간 오차로 인한 부반송파간 간섭을 감소시킬 수 있다.

[0024] 또한, 본 발명에 따른 간섭 제거 방법은 주파수 선택적 페이딩 채널 특성에 따라 서브블록의 개수(또는 각 서브블록당 부반송파 개수)를 적응적으로 조절함으로써 다양한 주파수 선택적 페이딩 환경에 적용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 부반송파간 간섭 제거 방법이 적용되는 무선 통신 환경을 나타내는 개념도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 부반송파간 간섭 제거 방법을 설명하기 위한 개념도이다.

도 3은 도 2에 도시한 각 부반송파 서브블록에서 알라무티 코드 심볼쌍을 매핑하기 위한 부반송파쌍 선택 방법을 설명하기 위한 개념도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 부반송파간 간섭 제거 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 부반송파간 간섭 제거 장치의 구성을 나타내는 블록도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 간섭 제거 방법에 적용되는 주파수 선택적 페이딩 채널 특성을 나타내는 그래프이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 간섭 제거 방법에 적용되는 각 서브블록당 부반송파 개수에 따른 성능 평가 결과를 나타내는 그래프이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 간섭 제거 방법의 성능을 기존의 간섭 제거 방법과 비교하고 도시한 그래프이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 간섭 제거 방법을 플랫 페이딩 환경에 적용한 경우의 성능 평가 결과를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다.

[0027] 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0028] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조

합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0029] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가진 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0030] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명을 설명함에 있어 전체적인 이해를 용이하게 하기 위하여 도면상의 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 사용하고 동일한 구성요소에 대해서 중복된 설명은 생략한다.

[0031] 본 발명의 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 부반송파간 간섭 제거 방법은 분산 기지국 또는 다수의 송수신 포인트간 협력 통신을 수행하는 협력 통신 환경에서 알라무티 코드화된 OFDM(Alamouti coded OFDM) 방식을 사용하는 시스템에 적용할 수 있다.

[0032] 또한, 본 발명의 실시예에서 '수신 장치'라 함은 이동국(MS: Mobile Station), 이동 단말(MT: Mobile Terminal), 사용자 단말, 사용자 장비(UE: User Equipment), 사용자 터미널(UT: User Terminal), 무선 터미널, 액세스 터미널(AT), 가입자 유닛(Subscriber Unit), 가입자 스테이션(SS: Subscriber Station), 무선 기기(Wireless device), 무선 통신 디바이스, 무선송수신유닛(WTRU: Wireless Transmit/Receive Unit), 이동 노드, 모바일 또는 다른 용어들로 지칭될 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예에서 '송신 장치' 또는 '포인트'라 함은 일반적으로 단말과 통신하는 고정된 지점을 의미하며, 베이스 스테이션(Base Station), 노드-B(Node-B), e노드-B(eNode-B), BTS(Base Transceiver System), 액세스 포인트(Access Point), 전송 포인트(transmission point), 원격 무선 장치(RRH: Remote Radio Head/RRE:Remote Radio Equipment) 등 다른 용어로 불릴 수 있다.

[0033] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 부반송파간 간섭 제거 방법은, OFDM 방식을 사용하는 무선 통신 시스템에 적용하는 것을 예를 들어 설명한다. 또한, 본 발명에 따른 부반송파간 간섭 제거 방법은 복수의 송신 안테나 및 적어도 하나의 수신 안테나를 이용하여 신호를 송수신하는 분산 안테나 시스템 또는 협력 통신 시스템에 적용이 가능하다. 이하에서는 설명의 편의를 위해 2개의 송신 안테나와 하나의 수신 안테나를 이용한 분산 안테나 시스템을 예를 들어 설명하나, 본 발명의 기술적 사상이 상기한 송신 안테나 및 수신 안테나 개수에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술적 사상은 복수의 송신 안테나 및 복수의 수신 안테나를 구비한 무선 통신 시스템에 적용될 수 있다.

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 부반송파간 간섭 제거 방법이 적용되는 무선 통신 환경을 나타내는 개념도이다.

[0035] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 부반송파간 간섭 제거 방법은 복수의 송신 안테나와 하나의 수신 안테나가 존재하는 분산 안테나 시스템에 적용될 수 있다.

[0036] 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 부반송파간 간섭 제거 방법은 도 1에 도시한 바와 같이 제1 송신안테나(110) 및 제2 송신안테나(120)와, 수신 안테나(130)가 존재하는 분산 안테나 환경에 적용될 수 있다.

[0037] 도 1에서 제1 송신안테나(110)와 제2 송신안테나(120)가 각각 전송하는 신호들간에는 주파수 오차 ϵ 가 존재한다고 가정한다. 여기서, 주파수 오차 ϵ 는 수학식 1과 같이 계산될 수 있다.

수학식 1

$$\epsilon = (f_c^{(A)} - f_c^{(B)}) / f_{\Delta}$$

[0038]

[0039] 수학식 1에서, $f_c^{(A)}$ 와 $f_c^{(B)}$ 는 각각 제1 송신안테나(110) 및 제2 송신안테나(120)에서 전송되는 신호의 부반송파 주파수를 의미하며, f_{Δ} 는 부반송파간 간격(subcarrier spacing)을 의미한다.

[0040] 이하, 본 발명의 실시예에 따른 부반송파 간섭 제거 방법에서는, 제1 송신안테나(110) 및 제2 송신안테나(120) 각각과 수신 안테나(130) 사이에서 k번째 부반송파가 겪는 채널을 각각 $H_k^{(A)}$ 와 $H_k^{(B)}$ 로 표시한다. 여기서, $H_k^{(A)}$ 와 $H_k^{(B)}$ 의 분포는 평균이 0이고, 분산이 1인 복소 가우시안 형태를 따르는 것으로 가정한다. 또한, 본 발명에서는 각 송신 안테나에서 전송되는 신호가 총 N개의 부반송파를 이용하여 전송되는 것으로 가정한다.

[0041] 각 송신 안테나를 통해 전송되는 l번째 심볼을 x_l 로 표시하면, 시간적으로 연속적인 두 심볼인 x_l 과 x_{l+1} 의 알라무티 코드 심볼쌍(Alamouti code symbol pair)은 $-x_{l+1}^*$ 과 x_l^* 가 된다. 또한, 제1 송신안테나(110) 및 제2 송신안테나(120)로부터 k번째 부반송파를 이용하여 전송되는 알라무티 코드 심볼은 각각 $X_k^{(A)}$ 와 $X_k^{(B)}$ 로 표시한다.

[0042] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 부반송파간 간섭 제거 방법을 설명하기 위한 개념도로서, 알라무티 부호화된 OFDM 방식을 사용하는 무선 통신 환경에서 주파수 선택적 페이딩에 의해 발생하는 주파수 오차로 인한 간섭 제거 방법을 예를 들어 도시하였다.

[0043] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 부반송파간 간섭 제거 방법에서는 전체 부반송파를 다수의 부반송파 서브블록(subblock)으로 구분하고, 구분된 각 부반송파 서브블록에서 알라무티 코드 심볼쌍을 미리 이미지(mirror image)를 이용하여 해당 부반송파에 매핑하는 방법을 사용한다.

[0044] 구체적으로, 사용가능한 총 부반송파의 개수가 N인 경우, 본 발명에서는 먼저 N개의 부반송파를 N_b 개의 부반송파 서브블록으로 구분한 후, 구분된 각 부반송파 서브블록별로 미리 이미지를 이용하여 알라무티 코드 심볼쌍을 선택한다.

[0045] 도 2에서 n_c 는 각 서브블록에 포함되는 부반송파의 개수를 의미하는 것으로, 서브블록의 개수가 N_b 인 경우, 각 서브블록에 포함되는 부반송파의 개수 n_c 는 N/N_b (즉, $n_c=N/N_b$)로 계산된다. 여기서, 서브블록 개수(또는 각 서브블록에 포함되는 부반송파의 개수)는 주파수 선택적 특성에 따라 적응적으로 결정될 수 있고, 각 포인트는 수신 장치로부터 제공된 채널 측정 정보에 기초하여 주파수 선택적 채널 특성을 판단한 후 판단 결과에 기초하여 부반송파 서브블록의 개수를 결정할 수 있다.

[0046] 도 2에 도시한 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 부반송파간 간섭 제거 방법에서는 전체 부반송파를 복수의 부반송파 서브블록으로 구분함으로써, 전체 부반송파 관점에서는 페이딩이 선택적으로 보일 수 있으나, 구분된 각 서브블록의 관점에서는 플랫 페이딩처럼 보이게 된다. 따라서, 플랫 페이딩에 적용할 수 있는 간섭 제거 방법을 각 서브블록 단위로 적용하여 전체적인 부반송파 간섭을 제거할 수 있다.

[0047] 도 3은 도 2에 도시한 각 부반송파 서브블록에서 알라무티 코드 심볼쌍을 매핑하기 위한 부반송파쌍 선택 방법을 설명하기 위한 개념도이다.

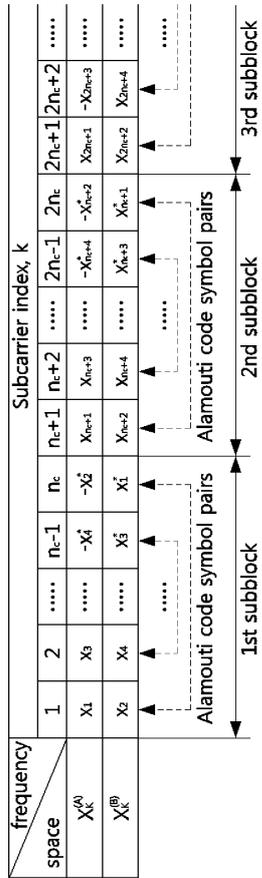
[0048] 도 3을 참조하면, 각 부반송파 서브블록에 n_c 개의 부반송파가 포함되는 경우, 먼저 부반송파 집합의 중앙에 해당하는 $n_c/2$ 번째 부반송파와 $n_c/2+1$ 번째 부반송파 사이에 미리 포인트(mirror point)를 위치시킨다. 그리고, 미리 포인트를 기준으로 미리 이미지에 해당하는 부반송파 쌍(subcarrier pair)을 선택하여 알라무티 코드 심볼쌍

을 구성한다.

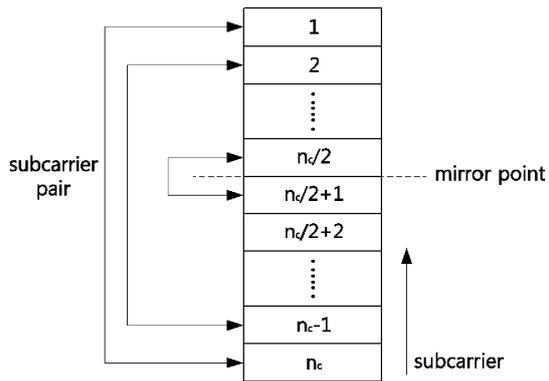
- [0049] 예를 들어, 도 3에서 1번째 부반송파와 미리 이미지에 해당하는 n_c 번째 부반송파를 이용하여 알라무티 코드 심볼쌍을 구성하고, 2번째 부반송파와 미리 이미지에 해당하는 n_c-1 번째 부반송파를 이용하여 알라무티 코드 심볼쌍을 구성하는 방식을 사용할 수 있다.
- [0050] 상기한 바와 같이 본 발명에서는 각 부반송파 서브블록 별로 미리 이미지를 이용한 알라무티 코드 심볼쌍을 구성함으로써 수신 장치가 복잡한 주파수 동기화 과정을 수행하지 않아도 상기한 바와 같이 구성된 알라무티 코드 심볼쌍의 특성을 통해 주파수 오차로 인한 간섭 성분을 효율적으로 제거할 수 있다.
- [0051] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 부반송파간 간섭 제거 방법을 나타내는 흐름도로서, 분산 안테나 시스템 또는 협력 전송을 수행하는 복수의 포인트 중 임의의 포인트에서 수행되는 부반송파간 간섭 제거 과정을 예를 들어 도시한 것이다.
- [0052] 도 4를 참조하면, 먼저 고속 전송률을 가지는 변조된 입력 심볼들이 직렬로 제공되면, 제공된 직렬 입력 심볼들을 저속의 병렬 심볼들로 변환한다(S401).
- [0053] 이후, 도 2에 도시한 바와 같이 사용 가능한(또는 할당 가능한) 전체 부반송파들을 복수의 서브블록으로 구분한다(S403). 여기서, 각 포인트(또는 송신장치)는 수신 장치로부터 보고된 채널 상태 정보에 기초하여 주파수 선택적 페이딩 채널 특성을 판단하고, 판단 결과에 기초하여 구분할 서브블록의 개수를 결정할 수 있다. 즉, 서브블록의 수는 채널 특성에 따라 적응적으로 결정될 수 있다. 이 때, 서브블록의 개수가 결정되면 구분된 각 서브블록에 포함되는 부반송파의 수는 총 부반송파 개수를 서브블록의 개수로 나눈 수에 의해 결정된다.
- [0054] 이후, 도 3에 도시한 바와 같이 구분된 각 서브블록별로 미리 이미지를 통해 부반송파쌍을 선택한 후 선택된 부반송파쌍에 입력 심볼을 매핑함으로써 저속 병렬 심볼들로 구성된 알라무티 코드 심볼쌍을 구성한다(S405).
- [0055] 이후, 알라무티 심볼 쌍들에 대한 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)를 수행 한다(S407). 여기서, IFFT는 $2N$ -포인트 IFFT(여기서, N 은 자연수임) 방식이 사용될 수도 있고, N -포인트 IFFT 방식이 사용될 수도 있다. 예컨대, IFFT 방식으로 $2N$ -포인트 IFFT 방식이 사용되는 경우, 구분된 각 부반송파 서브블록에 대한 1 내지 $2n_c$ 의 IFFT 입력 중 1 내지 n_c 의 입력에는 알라무티 코드 심볼쌍으로 구성된 변조 심볼을 입력하고, n_c+1 내지 $2n_c$ 의 입력에는 0을 삽입할 수 있다. 또는, 상기 알라무티 심볼 쌍들에 대한 IFFT를 수행하는 단계에서는
- [0056] 이후, IFFT가 수행된 신호에 대해 주파수 상향 변환(up conversion)을 수행한다(S409). 여기서, 주파수 상향 변환된 신호는 디지털 아날로그 변환 및/또는 증폭 등을 거쳐 특정 안테나로 제공되고, 상기 특정 안테나를 통해 수신 장치로 신호를 전송하게 된다(S411).
- [0057] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 부반송파간 간섭 제거 장치의 구성을 나타내는 블록도로서, 도 4에 도시한 부반송파간 간섭 제거 방법을 실행하는 부반송파 간섭 제거 장치의 구성을 예시한 것이다.
- [0058] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 간섭 제거 장치는 직병렬 변환부(510), 서브블록 분할부, IFFT부(530), 병직렬 변환부(540) 및 주파수 상향 변환부(550)를 포함할 수 있다.
- [0059] 직병렬 변환부(510)는 직렬로 제공되는 변조된 입력 심볼들을 병렬로 변환하여 서브블록 분할부(520)에 제공한다.
- [0060] 서브블록 분할부(520)는 사용 가능한 전체 부반송파들을 복수의 서브블록으로 구분한 후, 구분된 각 서브블록별로 미리 이미지를 통해 부반송파쌍을 선택한 후 선택된 부반송파쌍에 입력 심볼을 매핑함으로써 저속 병렬 심볼들로 구성된 알라무티 코드 심볼쌍을 구성한다.
- [0061] 여기서, 간섭 제거 장치(예를 들면, 각 포인트)는 수신 장치로부터 보고된 채널 상태 정보에 기초하여 주파수 선택 페이딩 채널 특성을 판단하고, 판단 결과에 기초하여 구분할 서브블록의 개수를 결정할 수 있다.
- [0062] 또한, 서브블록 분할부(520)는 각 서브블록별로 구성된 알라무티 코드 심볼쌍을 IFFT에 제공한다. 즉, 서브블록 분할부(520)는 각 부반송파 서브블록별로 구성된 알라무티 코드 심볼쌍을 IFFT에 구비된 복수의 입력단자 중 해당 입력단자에 제공할 수 있다.

- [0063] IFFT부(530)는 서브블록 분할부(520)로부터 제공된 알라무티 심볼 쌍들에 대해 IFFT를 수행 한다(S407). 여기서, IFFT부(530)는 N-포인트 IFFT 방식 또는 2N-포인트 IFFT 방식으로 동작하도록 구성될 수 있다.
- [0064] 또한, IFFT부(530)는 각 서브블록의 크기(또는 각 서브블록에 포함된 부반송파의 개수)가 고정적으로 결정되는 경우에는 각 서브블록별로 구성된 알라무티 코드 심볼쌍을 처리하는 독립적인 IFFT 모듈들로 구성될 수도 있다. 이 경우, IFFT부(530)는 서브블록의 수와 동일한 개수의 IFFT 모듈로 구성될 수 있다.
- [0065] 병직렬 변환부(540)는 IFFT부(530)로부터 제공된 병렬 신호들을 직렬 신호로 변환한다.
- [0066] 주파수 상향 변환부(550)는 병직렬 변환부(540)로부터 제공된 신호에 대해 주파수 상향 변환을 수행한다. 주파수 상향 변환부(550)를 통해 주파수 상향 변환된 신호는 증폭 등을 거쳐 특정 안테나로 제공되고, 상기 특정 안테나를 통해 수신 장치로 신호를 전송하게 된다.
- [0067] 도 5에 도시한 본 발명의 일 실시예에 따른 간섭 제거 장치의 구성 블록도에서는 서브블록 분할부(520)와 IFFT부(530)가 별도로 구성된 것으로 예를 들어 도시하였으나, 이는 설명의 편의를 위한 예시일 뿐이며, 본 발명의 기술적 사상이 도 5에 도시한 구성 블록도에 한정되는 것은 아니다. 예컨대, 도 5에 도시된 서브블록 분할부(520)와 IFFT부(530)는 하나의 구성요소로 구성될 수도 있고, 서브블록 분할부(520)를 별도의 독립적인 구성요소로 구성하는 대신 IFFT가 서브블록 분할부(520)의 기능을 함께 수행하도록 구성될 수도 있다.
- [0068] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 간섭 제거 방법이 적용되는 주파수 선택적 페이딩 채널 특성을 나타내는 그래프로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 간섭 제거 방법의 성능 평가를 위해 사용한 주파수 선택적 페이딩 환경을 소정 회수에 걸쳐 측정된 결과를 나타낸다.
- [0069] 도 6의 가로축은 부반송파 인덱스를 의미하고, 세로축은 제1 송신안테나 및 제2 송신안테나 각각과 수신 안테나 사이에서 k번째 부반송파가 겪는 채널을 나타낸다.
- [0070] 본 발명에서는 다중 경로의 개수가 8개이고, 부반송파 간격이 15kHz일 때, 최대 지연지연 시간을 0.27us로 설정하였다.
- [0071] 도 6에서 굵은 실선(601) 및 굵은 점선(603)은 주파수 선택적 페이딩 정도가 심각하여 블록당 부반송파의 개수를 줄이지 않는 경우 성능이 감소하는 경우를 의미한다.
- [0072] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 간섭 제거 방법에 적용되는 각 서브블록당 부반송파 개수에 따른 성능 평가 결과를 나타내는 그래프로서, 주어진 선택적 페이딩 환경에서 최적의 성능을 얻기 위한 부반송파 개수를 획득하기 위한 부반송파 개수(n_c)의 성능 평가 결과를 나타낸다.
- [0073] 도 7의 (a)는 주파수 오차(ϵ)가 각각 0.2, 0.5, 0.75 및 1일 때 각 서브블록당 부반송파 개수(n_c)에 따른 비트 오류 성능을 나타내는 그래프로서 E_b/N_0 가 10dB인 경우를 도시한 것이다.
- [0074] 도 7의 (b)는 주파수 오차(ϵ)가 각각 0.2, 0.5, 0.75 및 1일 때 각 서브블록당 부반송파 개수(n_c)에 따른 비트 오류 성능을 나타내는 그래프로서 E_b/N_0 가 20dB인 경우를 도시한 것이다.
- [0075] 도 7을 참조하면, 주어진 주파수 선택적 페이딩 환경에서 각 서브블록당 부반송파 개수(n_c)가 16일 때 최적의 성능을 얻을 수 있다.
- [0076] 즉, 본 발명에서는 가용한 전체 부반송파들을 복수의 서브블록으로 구분하여 알라무티 코드 심볼쌍을 구성함으로써 주파수 선택적 페이딩 환경에서 기존의 알라무티 방식에 비해 성능을 개선할 수 있다.
- [0077] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 간섭 제거 방법의 성능을 기존의 간섭 제거 방법과 비교하여 도시한 그래프로서, 정규화된 주파수 오차(Normalized FO, ϵ)에 따른 비트오류(BER)을 나타낸다.
- [0078] 도 8에서 R_s 는 데이터 전송율(Data rate)을 의미하고, 종래의 간섭 제거 방법은 본 발명과 달리 전체 부반송파들을 서브블록으로 구분하지 않는 방식을 의미한다.

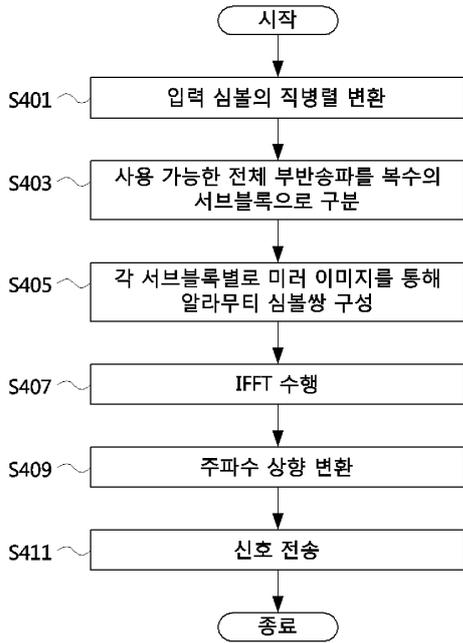
도면2



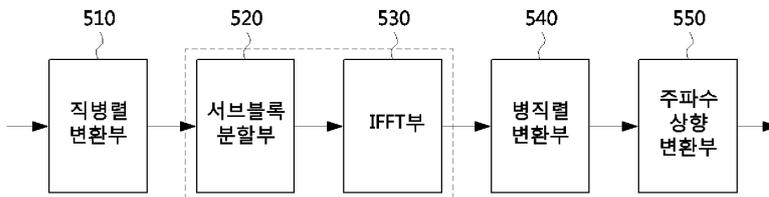
도면3



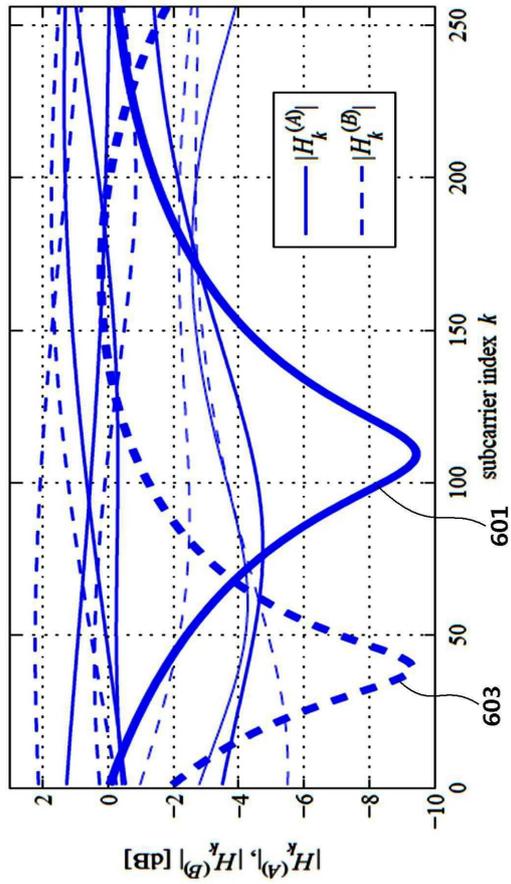
도면4



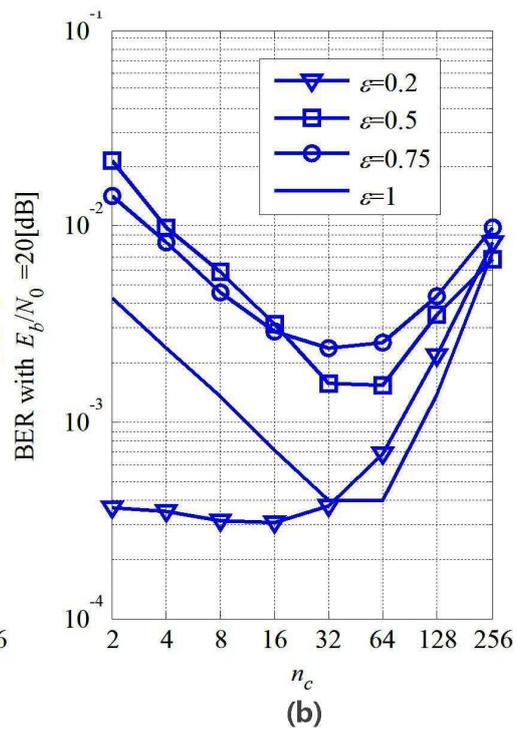
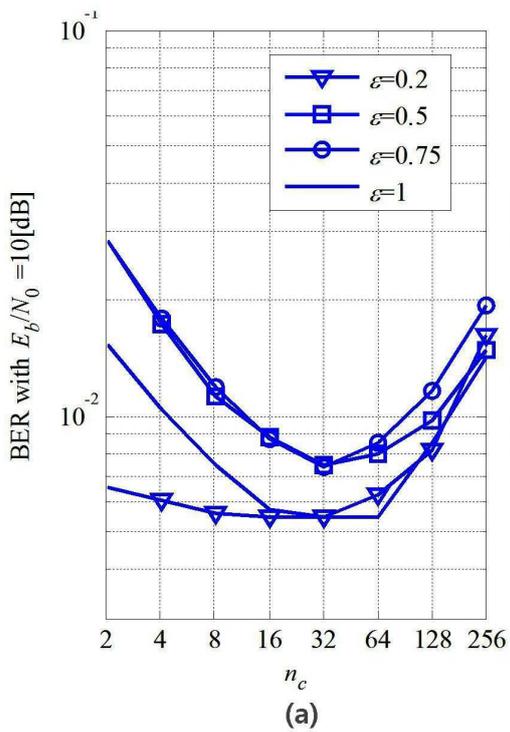
도면5



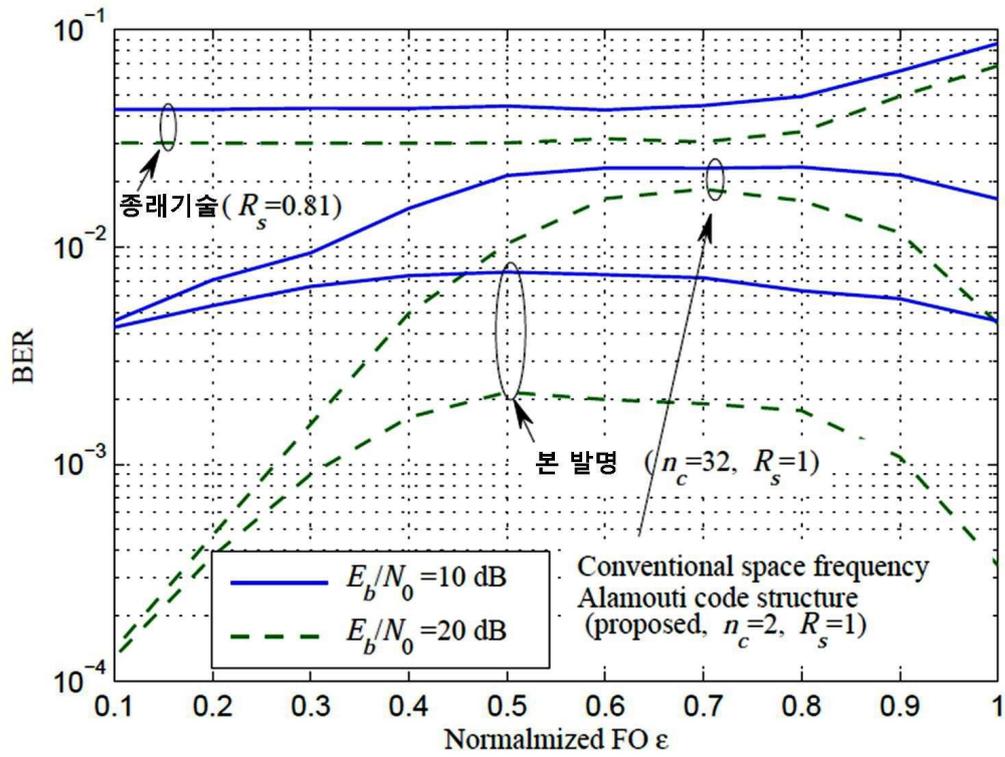
도면6



도면7



도면8



도면9

