



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0044799
(43) 공개일자 2017년04월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/06 (2017.01) H04B 7/04 (2017.01)
(52) CPC특허분류
H04B 7/0639 (2013.01)
H04B 7/0426 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0144109
(22) 출원일자 2015년10월15일
심사청구일자 2015년10월15일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
송형규
경기도 성남시 분당구 중앙공원로 17 320동 303호 (서현동, 시범단지한양아파트)
김용준
경기도 화성시 우정읍 조암동로 58, 110동 1201호
하창빈
서울특별시 성북구 장위로26길 11-12 2층 (장위동)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 OFDM 시스템 및 그것을 이용한 전력 할당 방법

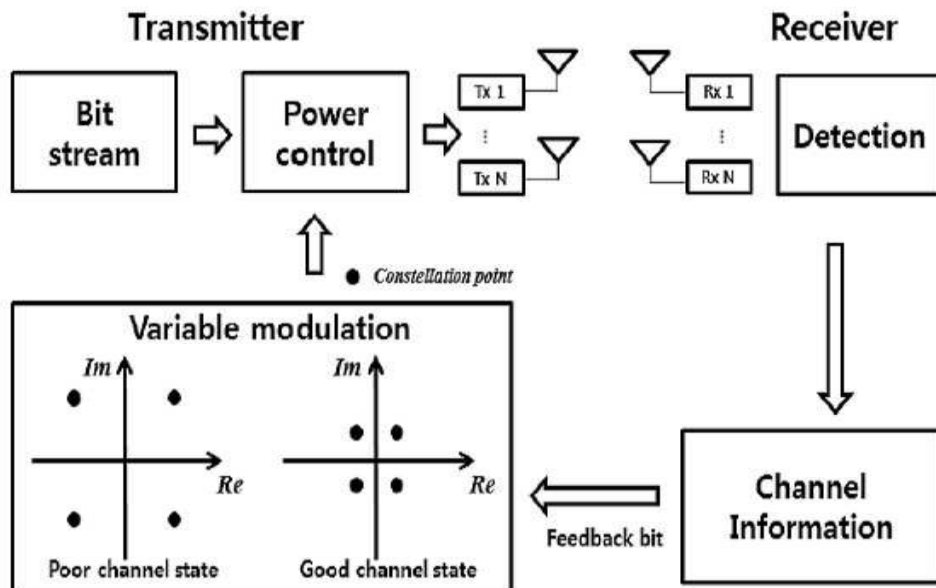
(57) 요약

본 발명은 OFDM 시스템 및 그것을 이용한 전력 할당 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따른 OFDM 시스템 및 그것을 이용한 전력 할당 방법에 따르면, 다중 안테나를 이용하는 수신단 및 송신단을 포함하는 OFDM 시스템의 전력 할당 방법에 있어서 상기 송신단 및 수신단은 채널 상태에 대한 가중치 및

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



비트 정보를 코드북 형태로 저장하는 단계, 상기 송신단은 트레이닝 신호를 상기 수신단에게 전송하는 단계, 상기 수신단으로부터 상기 트레이닝 신호에 포함된 복수의 서브캐리어 각각에 대한 채널 상태에 따른 비트 정보를 피드백 받는 단계, 복수의 서브캐리어 그룹별로 해당 비트 정보에 대응하는 가중치를 적용하여 전력을 재할당하는 단계, 그리고 상기 서브캐리어 그룹에 대응하는 서브채널별로 상기 재할당된 전력을 통하여 데이터를 전송하는 단계를 포함한다.

본 발명에 따르면 코드북을 기반으로 피드백 정보를 발생시키며, 채널의 상황에 맞게 서브캐리어 그룹마다 다르게 전력을 할당함으로써 무선 채널 환경을 겪는 무선 통신 시스템에 신뢰성을 향상시키고 불필요한 오버헤드를 줄일 수 있다.

(52) CPC특허분류

H04B 7/0482 (2013.01)

H04B 7/0623 (2013.01)

H04B 7/066 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711016865

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원사업(핵심)

연구과제명 고속 주행 환경에서 무선 인지 지능형 차량 협력 통신 기술개발(2차년도)

기 여 율 1/2

주관기관 세종대학교 산학협력단

연구기간 2014.12.01 ~ 2015.11.30이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 B0101-15-1350

부처명 정보통신기술진흥센터

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 방송통신산업기술개발사업

연구과제명 [IITP] 무선국검사 선진화를 위한 SW 기반 계측 장비 개발(2차년도)

기 여 율 1/2

주관기관 (주)이노와이어리스

연구기간 2015.03.01 ~ 2016.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

다중 안테나를 이용하는 수신단 및 송신단을 포함하는 OFDM 시스템의 전력 할당 방법에 있어서
 상기 송신단 및 수신단은 채널 상태에 대한 가중치 및 비트 정보를 코드북 형태로 저장하는 단계,
 상기 송신단은 트레이닝 신호를 상기 수신단에게 전송하는 단계,
 상기 수신단으로부터 상기 트레이닝 신호에 포함된 복수의 서브캐리어 각각에 대한 채널 상태에 따른 비트 정보를 피드백 받는 단계,
 복수의 서브캐리어 그룹별로 해당 비트 정보에 대응하는 가중치를 적용하여 전력을 재할당하는 단계, 그리고
 상기 서브캐리어 그룹에 대응하는 서브채널별로 상기 재할당된 전력을 통하여 데이터를 전송하는 단계를 포함하는 OFDM 시스템의 전력 할당 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 비트 정보는 N개의 비트로 이루어지며,
 상기 코드북은,
 기 설정된 채널 상태의 최대값 및 최소값을 2^N 개의 그룹으로 나누어 그룹핑되며,
 해당되는 그룹의 중앙값의 역수가 상기 가중치(weighting factor)로 선택되는 OFDM 시스템의 전력 할당 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 수신단은 상기 트레이닝 신호를 수신하면서 SINR을 측정하며,
 상기 SINR이 기준값보다 낮으면 상기 N이 3인 코드북을 이용하여 비트 정보를 피드백하고, 상기 SINR이 상기 기준값 이상이면 상기 N이 4인 코드북을 이용하여 비트 정보를 피드백하는 OFDM 시스템의 전력 할당 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 전력을 재할당하는 단계는,
 다음 수식식을 통해 각각의 해당 서브캐리어에 정규화된 전력값(W_i)을 재할당하는 OFDM 시스템의 전력 할당 방법:

$$W_i = \frac{FFTSize \times P(N_i)}{P(N_c)} \times \alpha_i$$

여기서, FFTSize는 전체 서브캐리어 개수, $P(N_i)$ 는 i번째 서브캐리어의 할당된 송신 전력, $P(N_c)$ 는 전체 송신 전력, α_i 는 i번째 서브캐리어에 대응하는 가중치(weighting factor)를 나타낸다.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 트레이닝 신호(Y)는 다음 수학적식을 포함하는 OFDM 시스템의 전력 할당 방법:

$$Y = \sum_{n=1}^{N_c} w_n X_n H_n + N_n$$

여기서, N_c 는 상기 서브캐리어의 총 개수, w_n 은 n 번째 서브캐리어의 정규화 factor, X_n 은 n 번째 서브캐리어의 심볼, H_n 은 n 번째 서브캐리어에 대응하는 서브채널, N_n 은 n 번째 가우시안 잡음을 나타낸다.

청구항 6

다중 안테나를 이용하는 수신단 및 송신단을 포함하는 OFDM 시스템에 있어서

상기 송신단은,

채널 상태에 대한 가중치 및 비트 정보를 코드북 형태로 저장하는 코드북 저장부,

트레이닝 신호를 상기 수신단에게 전송하고, 상기 수신단으로부터 상기 트레이닝 신호에 포함된 복수의 서브캐리어 각각에 대한 채널 상태에 따른 비트 정보를 피드백 받는 통신부, 그리고

복수의 서브캐리어 그룹별로 해당 비트 정보에 대응하는 가중치를 적용하여 전력을 재할당하는 전력 할당부를 포함하며,

상기 통신부는,

상기 서브캐리어 그룹에 대응하는 서브채널 별로 상기 재할당된 전력을 통하여 데이터를 전송하는 OFDM 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 비트 정보는 N개의 비트로 이루어지며,

상기 코드북은,

기 설정된 채널 상태의 최대값 및 최소값을 2^N 개의 그룹으로 나누어 그룹핑되며,

해당되는 그룹의 중앙값의 역수가 상기 가중치(weighting factor)로 선택되는 OFDM 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 수신단은 상기 트레이닝 신호를 수신하면서 SINR을 측정하며,

상기 SINR이 기준값보다 낮으면 상기 N이 3인 코드북을 이용하여 비트 정보를 피드백하고, 상기 SINR이 상기 기준값 이상이면 상기 N이 4인 코드북을 이용하여 비트 정보를 피드백하는 OFDM 시스템.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 전력을 재할당하는 단계는,

다음 수학적식을 통해 각각의 해당 서브캐리어에 정규화된 전력값(W_i)을 재할당하는 OFDM 시스템:

$$W_i = \frac{FFTSize \times P(N_i)}{P(N_c)} \times \alpha_i$$

여기서, FFTSize는 전체 서브캐리어 개수, $P(N_i)$ 는 i 번째 서브캐리어의 할당전 송신 전력, $P(N_c)$ 는 전체 송신 전력, α_i 는 i 번째 서브캐리어에 대응하는 가중치(weighting factor)를 나타낸다.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 트레이닝 신호(Y)는 다음 수학식을 포함하는 OFDM 시스템:

$$Y = \sum_{n=1}^{N_c} w_n X_n H_n + N_n$$

여기서, N_c 는 상기 서브캐리어의 총 개수, w_n 은 n 번째 서브캐리어의 정규화 factor, X_n 은 n 번째 서브캐리어의 심볼, H_n 은 n 번째 서브캐리어에 대응하는 서브채널, N_n 은 n 번째 가우시안 잡음을 나타낸다.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 OFDM 시스템 및 그것을 이용한 전력 할당 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 무선통신 환경에서 채널 상태를 나타내는 피드백 정보에 따라 전력을 재할당하는 OFDM 시스템 및 그것을 이용한 전력 할당 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 무선 통신 시스템에서는 제안된 전력과 대역폭에서 높은 전송률과 신뢰성을 요구한다. 따라서 높은 대역 효율을 지닌 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기술과 전송률을 향상시킬 수 있는 MIMO(Multiple-Input Multiple-Output) 무선 기술 시스템이 결합한 MIMO-OFDM 시스템이 사용된다.

[0003] 무선 통신 환경에서는 다중 경로 페이딩에 의해서 전송신호의 왜곡과 감쇄가 발생하는데, 여기서 신호의 왜곡과 감쇄는 수신단에서 원 신호를 복원하는 데 어려움을 겪게 된다.

[0004] 이와 같은 어려움을 극복하기 위한 가장 쉬운 방법으로는 시스템의 전송전력을 높이는 방법이 있으나, LTE(Long term Evolution)나 Wi-Fi(Wireless Fidelity)와 같은 시스템은 스펙에서 전송전력이 정해져 있기 때문에 전송전력을 높이는 데는 한계가 있다.

[0005] 즉, 한정된 전력을 사용하면서 시스템으로서 신뢰성을 확보해야 하므로 채널 상태에 따라 전력을 재할당하는 방법이 사용된다.

[0006] 이때, 채널 정보를 파악하기 위해서는 피드백 정보를 사용해야 하는데, 수신단에서 송신단으로 많은 피드백 정보를 보내는 것은 많은 채널의 정보를 알 수 있지만, 그에 따라 통신상에서 오버헤드를 발생시켜 채널의 전송률을 낮출 수 있다.

[0007] 그러므로 피드백 정보를 최소화하기 위해 인접한 서브캐리어들을 그룹화 시키고 채널 정보 및 가중치를 포함하는 코드북을 이용하여 서브캐리어 그룹 마다 각각의 채널 정보에 따라 전력을 할당하는 기술이 요구된다.

[0008] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국등록특허 제10-1024510호(2011.03.31 공고)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 무선통신 환경에서 채널 상태를 나타내는 피드백 정보에 따라 전력을 재할당하는 OFDM 시스템 및 그것을 이용한 전력 할당 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 이와 같은 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따르면, 다중 안테나를 이용하는 수신단 및 송신단을 포함하는 OFDM 시스템의 전력 할당 방법에 있어서 상기 송신단 및 수신단은 채널 상태에 대한 가중치 및 비트 정보를 코드북 형태로 저장하는 단계, 상기 송신단은 트레이닝 신호를 상기 수신단에게 전송하는 단계, 상기 수신단으로부터 상기 트레이닝 신호에 포함된 복수의 서브캐리어 각각에 대한 채널 상태에 따른 비트 정보를 피드

백 받는 단계, 복수의 서브캐리어 그룹별로 해당 비트 정보에 대응하는 가중치를 적용하여 전력을 재할당하는 단계, 그리고 상기 서브캐리어 그룹에 대응하는 서브채널별로 상기 재할당된 전력을 통하여 데이터를 전송하는 단계를 포함한다.

[0011] 상기 비트 정보는 N개의 비트로 이루어지며, 상기 코드북은, 기 설정된 채널 상태의 최대값 및 최소값을 2^N 개의 그룹으로 나누어 그룹핑되며, 해당되는 그룹의 중앙값의 역수가 상기 가중치(weighting factor)로 선택될 수 있다.

[0012] 상기 수신단은 상기 트레이닝 신호를 수신하면서 SINR을 측정하며, 상기 SINR이 기준값보다 낮으면 상기 N이 3인 코드북을 이용하여 비트 정보를 피드백하고, 상기 SINR이 상기 기준값 이상이면 상기 N이 4인 코드북을 이용하여 비트 정보를 피드백할 수 있다.

[0013] 상기 전력을 재할당하는 단계는, 다음 수학적식을 통해 각각의 해당 서브캐리어에 정규화된 전력값(W_i)을 재할당할 수 있다.

$$W_i = \frac{FFTSize \times P(N_i)}{P(N_c)} \times \alpha_i$$

[0014] 여기서, FFTSize는 전체 서브캐리어 개수, $P(N_i)$ 는 i번째 서브캐리어의 할당전 송신 전력, $P(N_c)$ 는 전체 송신 전력, α_i 는 i번째 서브캐리어에 대응하는 가중치(weighting factor)를 나타낸다.

[0016] 상기 트레이닝 신호(Y)는 다음 수학적식과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y = \sum_{n=1}^{N_c} w_n X_n H_n + N_n$$

[0017] 여기서, N_c 는 상기 서브캐리어의 총 개수, w_n 은 n번째 서브캐리어의 정규화 factor, X_n 은 n번째 서브캐리어의 심볼, H_n 은 n번째 서브캐리어에 대응하는 서브채널, N_n 은 n번째 가우시안 잡음을 나타낸다.

[0019] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 다중 안테나를 이용하는 수신단 및 송신단을 포함하는 OFDM 시스템에 있어서 상기 송신단은, 채널 상태에 대한 가중치 및 비트 정보를 코드북 형태로 저장하는 코드북 저장부, 트레이닝 신호를 상기 수신단에 전송하고, 상기 수신단으로부터 상기 트레이닝 신호에 포함된 복수의 서브캐리어 각각에 대한 채널 상태에 따른 비트 정보를 피드백 받는 통신부, 그리고 복수의 서브캐리어 그룹별로 해당 비트 정보에 대응하는 가중치를 적용하여 전력을 재할당하는 전력 할당부를 포함하며, 상기 통신부는, 상기 서브캐리어 그룹에 대응하는 서브채널 별로 상기 재할당된 전력을 통하여 데이터를 전송한다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 따르면 코드북을 기반으로 피드백 정보를 발생시키며, 채널의 상황에 맞게 서브캐리어 그룹마다 다르게 전력을 할당함으로써 무선 채널 환경을 겪는 무선 통신 시스템에 신뢰성을 향상시키고 불필요한 오버헤드를 줄일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 다중 안테나를 이용하는 수신단과 송신단의 OFDM 통신을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 시스템에서 인접한 서브 채널들의 그룹핑을 설명하기 위한 도면이다.

도 3a 및 도 3b는 본 발명의 실시예에 따른 3비트 코드북 및 4비트 코드북을 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 송신단을 나타낸 구성도이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 송신단에서 전력을 재할당하는 과정을 나타내는 순서도이다.

도 6a 및 도 6b는 본 발명의 실시예 중에서 SISO-OFDM 방식과 기존의 기법 및 MIMO-OFDM 방식과 기존의 기법의

비트 오류 확률을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0023] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0024] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 다중 안테나를 이용하는 수신단과 송신단의 OFDM 통신을 설명하기 위한 도면이다.
- [0026] 도 1에서는 송신단(Transmitter)과 수신단(Receiver)은 트레이닝 신호(훈련 신호)를 주고 받으면서 채널의 상태를 추정하는데, 이때, 각각의 채널은 독립적이고 다음 전송이 발송될 때까지 정적인 상태를 유지한다고 가정한다.
- [0027] 먼저, 송신단은 비트 단위로 전송하고자 하는 데이터(Bit stream)를 전력 할당(Power control)하여 여러 개의 안테나를 이용하여 수신단으로 전송한다.
- [0028] 수신단은 신호를 수신하면, 채널 상태를 확인하여 피드백 정보를 미리 약속된 코드북 정보에 기초하여 생성하고 생성한 피드백 정보를 송신단으로 전달한다.
- [0029] 피드백 정보는 채널의 상태에 따른 가변 변조 기법에 대한 정보를 포함하고 있다. 따라서 수신단은 피드백 정보를 송신단에 전송하게 된다. 피드백 정보를 받은 송신단은 Variable modulation 블록에서 채널 상태에 맞게 전력을 재할당해준다.
- [0030] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 시스템에서 인접한 서브 채널들의 그룹핑을 설명하기 위한 도면이다.
- [0031] 도 2는 OFDM 시스템에서 인접한 서브채널들의 각각의 진폭(Amplitude)을 나타내는 그래프이다. 이때 그래프의 형태를 살펴보면 $n-1$, n , $n+1$ 의 지점에서 진폭은 $n+100$ 에서 보다 유사한 값을 가진다. 즉, 서로 인접한 서브캐리어들은 인접하지 않은 서브캐리어보다 유사한 채널 진폭의 값을 가지는 것을 알 수 있다. 따라서, 도 2에서와 같이 유사한 채널 진폭의 값을 가지는 인접한 서브캐리어들은 같은 그룹으로 그룹화(A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M)하여 그룹별로 채널 상태에 맞게 전력을 할당할 수 있다.
- [0032] 여기서, 유사한 채널 진폭의 값의 범위는 서브 채널들의 진폭 유형에 따라 추후에 관리자에 의해 용이하게 변경 설정할 수 있으며, 설정된 범위안에 포함되는 채널 진폭의 값을 갖는 인접한 서브캐리어들을 같은 그룹으로 그룹화할 수도 있다.
- [0033] 이와 같이 서브캐리어들을 그룹화하면 그에 따라 채널 정보를 파악하기 위한 피드백 정보를 최소화할 수 있기 때문에 통신상에서 오버헤드의 발생률을 낮추면서 충분한 피드백 정보를 전달할 수 있다.
- [0034] 이하에서 언급되는 채널 상태는 채널의 진폭 값(Amplitude)을 포함하는 개념으로, 설명의 편의상 채널의 상태 값을 채널의 진폭 값과 동일한 의미로 혼용하여 설명하기로 한다.
- [0035] 이하에서는 도 3a 및 도 3b를 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 송신단과 수신단이 공유하는 코드북에 대하여 설명한다.
- [0036] 도 3a는 본 발명의 실시예에 따른 3비트 코드북을 나타낸 도면이고 도 3b는 4비트 코드북을 나타낸 도면이다.
- [0037] 설명의 편의상 도 3a 및 도 3b에서는 채널의 최소 진폭값은 0, 최대 진폭값은 2.5로 가정하였다.
- [0038] 먼저, 코드북은 송신단과 수신단 사이의 사전 약속으로 구성된다. 채널의 최소 진폭값은 0이고 채널의 최대 진폭 값은 랜덤 값이기 때문에 CDF(Cumulative Distribution Function) 99%에 해당되는 값을 시뮬레이션을 통해서 정한다.

- [0039] 그리고 코드북은 n 비트에 따라서 2^n 개의 부분으로 나뉘지고 코드북의 전력을 할당하는 가중치(weighting factor)는 채널의 범위의 중앙값의 역수로 결정된다.
- [0040] 즉, 채널 상태가 좋은 서브캐리어에는 적은 전력이 할당되고, 채널 상태가 좋지 않은 서브캐리어에는 높은 전력을 할당하여 결과적으로 채널의 상태를 플랫폼하게 만들어 준다.
- [0041] 이와 같은 코드북은 수신단에서 생성되며, 수신단이 생성된 적어도 하나의 코드북을 송신단으로 전달하여 공유할 수 있다. 이때, 송신단에서 코드북을 생성하여 수신단으로 전달할 수도 있다.
- [0042] 이와 같이 코드북을 공유하고 저장한 후 수신단은 송신단에서 받은 트레이닝 신호를 통해서 피드백 정보를 코드북에 기초하여 생성한다.
- [0043] 예를 들어, 트레이닝 신호의 채널 상태 값이 1.35Amplitude라고 가정하면, 수신단은 먼저 채널의 진폭이 코드북의 범위 안에 있음을 판단하고 피드백 값을 결정한다.
- [0044] 도 3a와 같이 3비트 코드북을 사용하는 경우, 채널 상태 값 1.35는 채널의 최소, 최대 범위 안에 있으며, 해당되는 weighting factor는 0.7692이고 bits는 010이고, 도 3b와 같이 4비트 코드북을 사용하는 경우, 채널 진폭 1.35에 해당되는 weighting factor는 0.7477이고 bits는 0010이다.
- [0045] 이때, 수신단이 보내는 피드백 정보는 비트 값(bits)을 나타내며, 3비트의 경우에는 010을, 4비트의 경우에는 0010을 나타낸다.
- [0046] 이처럼 수신단이 bits의 값을 포함하는 피드백 정보를 송신단에 전송하면 송신단은 공유하는 코드북을 기초로 가중치(weighting factor)를 알 수 있고 그에 따라 데이터에 전력을 재할당한다.
- [0047] 여기서, 수신단은 트레이닝 신호를 수신하면서 SINR을 측정하며, SINR이 기준값보다 낮으면 N 이 3인 코드북을 이용하여 비트 정보를 피드백하고, SINR이 기준값 이상이면 상기 N 이 4인 코드북을 이용하여 비트 정보를 피드백할 수 있다.
- [0048] 즉, 채널 상태가 나쁜 경우에는 보다 정확하게 데이터를 전송하기 위해 그룹별 채널 상태 간격이 상대적으로 넓은 3비트 코드북을 선택할 수 있으며 채널의 상태가 좋은 경우 채널을 세밀하게 나누어도 높은 전송률이 유지되므로 그룹별 채널 상태 간격이 상대적으로 좁은 4비트의 코드북을 선택할 수 있다.
- [0049] 이와 같이 N 비트 코드북을 선택하는 것은 가변적으로 채널 상태에 따라 달리 선택할 수 있다.
- [0050] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 송신단을 나타낸 구성도이다.
- [0051] 송신단(100)은 코드북 저장부(110), 통신부(120), 전력 할당부(130)를 포함한다.
- [0052] 코드북 저장부(110)는 채널 상태에 대한 가중치 및 비트 정보를 코드북 형태로 저장한다.
- [0053] 이때, 비트 정보는 N 개의 비트로 이뤄지며 각 비트 정보에 따라 적어도 하나의 코드북을 저장한다.
- [0054] 코드북 저장부(110)는 수신단과의 시뮬레이션의 결과를 통신부(120)를 통해 수신하여 동일한 방식을 통해 각각 동일한 코드북을 생성하여 저장할 수 있고 수신단에서 생성된 코드북을 통신부(120)를 통해 전달받아 저장할 수 있다.
- [0055] 통신부(120)는 트레이닝 신호를 수신단에게 전송하고 수신단으로부터 트레이닝 신호에 포함된 복수의 서브캐리어 각각에 대한 채널 상태에 따른 비트 정보를 피드백 받는다.
- [0056] 그리고 통신부(120)는 서브캐리어 그룹에 대응하는 서브채널 별로 전력할당부(130)로부터 재할당된 전력을 통해 데이터를 전송한다.
- [0057] 전력 할당부(130)는 복수의 서브캐리어 그룹별로 해당 비트 정보에 대응하는 기 저장된 코드북을 통해 가중치를 적용하여 전력을 재할당한다.
- [0058] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 송신단에서 전력을 재할당하는 과정을 나타내는 순서도이다.
- [0059] 이하에서는 앞서 설명한 코드북을 생성하는 과정은 생략하고 수신단은 송신단과 동일한 코드북을 저장하고 있다고 가정한다.
- [0060] 먼저, 송신단(100)은 채널 상태에 대한 가중치 및 비트 정보를 코드북 형태로 저장한다(S510).

[0061] 이때 코드북은 도 3a 및 도 3b와 같이 생성될 수 있으며, 수신단이 저장한 코드북과 동일한 것으로 수신단에서 전달받아 저장할 수 있다.

[0062] 다음으로 송신단(100)은 트레이닝 신호를 수신단에게 전송한다(S520).

[0063] 여기서 트레이닝 신호(Y)는 다음 수학식 1과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y = \sum_{n=1}^{N_c} w_n X_n H_n + N_n$$

[0064]

[0065] 여기서, N_c 는 상기 서브캐리어의 총 개수, w_n 은 n번째 서브캐리어의 정규화 factor, X_n 은 n번째 서브캐리어의 심볼, H_n 은 n번째 서브캐리어에 대응하는 서브채널, N_n 은 n번째 가우시안 잡음을 나타낸다.

[0066] 송신단(100)은 수신단으로부터 트레이닝 신호에 포함된 복수의 서브캐리어 각각에 대한 채널 상태에 따른 비트 정보를 피드백 받는다(S530). 그리고 송신단(100)은 비트 정보를 수신하면 코드북을 통해 역으로 가중치 및 해당 서브캐리어의 채널 진폭을 확인할 수 있다.

[0067] 송신단(100)은 복수의 서브캐리어 그룹별로 해당 비트 정보에 대응하는 가중치를 적용하여 전력을 재할당한다(S540).

[0068] 이때, 송신단(100)은 다음 수학식 2를 통해 각각의 해당 서브캐리어에 정규화된 전력값(W_i)을 재할당할 수 있다.

$$W_i = \frac{FFTSize \times P(N_i)}{P(N_c)} \times \alpha_i$$

[0069]

[0070] 여기서, FFTSize는 전체 서브캐리어 개수, $P(N_i)$ 는 i번째 서브캐리어의 할당전 송신 전력, $P(N_c)$ 는 전체 송신 전력, α_i 는 i번째 서브캐리어에 대응하는 가중치(weighting factor)를 나타낸다.

[0071] 이처럼 본 발명의 실시예에 따르면, 정규화를 통해서 사용할 수 있는 전력 내에서 각 서브캐리어별로 상이하게 전력을 할당함으로써 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

[0072] 송신단(100)은 서브캐리어 그룹에 대응하는 서브채널별로 재할당된 전력을 통하여 데이터를 전송한다(S550).

[0073] 이하에서는 도 6a 및 도 6b를 통하여 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 시스템과 기존의 방식과의 비트 오류 확률 차이를 설명한다.

[0074] 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 실시예 중에서 SISO-OFDM 방식과 기존의 기법 및 MIMO-OFDM 방식과 기존의 기법의 비트 오류 확률을 나타낸 도면이다.

[0075] 여기서, 기존의 기법이란 피드백 정보 없이 데이터를 전송하는 방법으로 채널의 상태를 고려하지 않고 모든 서브캐리어에 같은 전력을 할당하는 방법을 나타낸다.

[0076] 먼저, 도 6a에서는 FFT 크기는 256, QPSK 방식을 사용하였고 무선 채널은 레일리 채널, 그리고 3-bit 코드북이 사용되었다.

[0077] 도 6a는 본 발명의 실시예 중에서 SISO-OFDM(Single In Single Out-OFDM) 방식과 기존 방식의 SNR(dB)에 대한 비트 오류 확률(Bit Error Rate: BER)을 나타낸 그래프이다. 본 발명의 실시예에 따른 제안하는 SISO-OFDM의 방법으로는 4개의 서브캐리어씩 그룹(☆), 16개의 서브캐리어씩 그룹(△), 32개의 서브캐리어씩 그룹(○), 64개의

서브캐리어씩 그룹(□)으로 각각 2^N 개의 서브캐리어 그룹으로 나누었다.

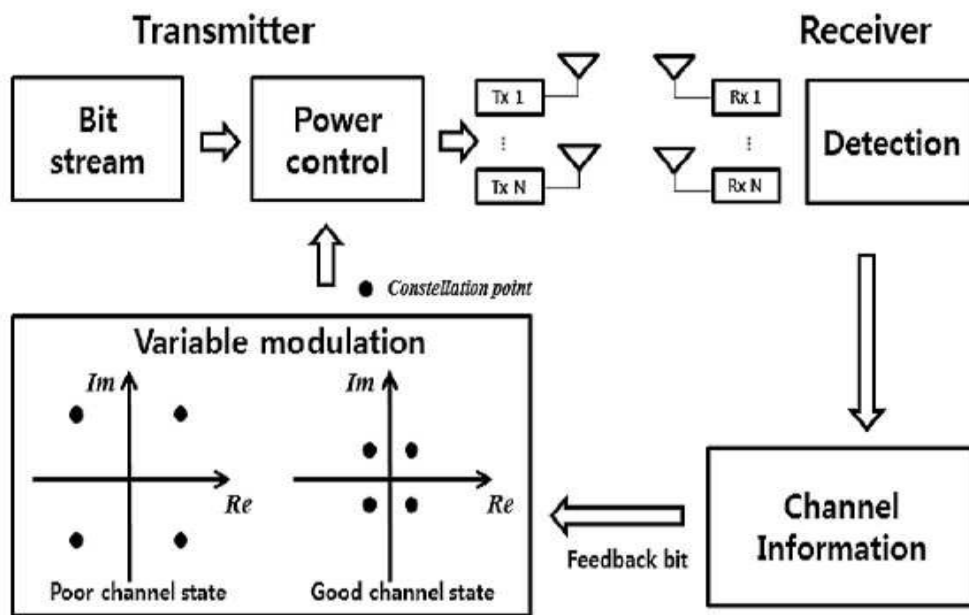
- [0078] 도 6a의 그래프를 보면 본 발명의 실시예에서 제안하는 기법(☆, △, ○, □)은 기존의 기법(⌵)보다 SNR(dB)의 값이 커질수록 비트 오류 확률(BER)이 낮은 것을 알 수 있다.
- [0079] 또한, 64개의 서브캐리어씩 그룹을 하는 것보다 32, 16, 4 와 같이 더 적게 그룹화할수록 BER 성능이 좋아지는 것을 확인할 수 있다. 특히, 본 발명의 실시예와 같이 4개의 서브캐리어씩 그룹화시키는 경우(☆)에는 기존의 방법보다 5dB SNR 이득을 얻는다.
- [0080] 다음으로, 도 6b는 본 발명에서 제안된 MIMO-OFDM(Multiple Input Multiple Output-OFDM) 방식과 기존의 방식간의 BER 그래프를 나타낸다. 도 6에서는 FFT 크기는 256, 16QAM 방식을 사용하였고, 무선채널은 레일리 채널, 4-bit 코드북이 사용되었다.
- [0081] 본 발명의 실시예에서 제안된 기법으로 2개의 서브캐리어씩 그룹(☆), 4개의 서브캐리어씩 그룹(◇), 8개의 서브캐리어씩 그룹(□)으로 나누어 측정하였다.
- [0082] 도 6b에서 보면, 본 발명의 실시예에서 제안된 기법(☆, ◇, □)은 전체적으로 기존의 기법(⌵) 보다 SNR(dB)의 값이 커질수록 비트 오류 확률(BER)이 낮은 것을 알 수 있다.
- [0083] 특히 8개와4개로 그룹화된 각 서브캐리어(◇, □)들은 SNR이 커질수록 기존의 기법보다 큰 성능 차이를 보이지 않지만, 2개씩 그룹화된 서브캐리어(☆)들은 기존의 기법보다 3dB 가량 SNR 이득을 얻는 것을 알 수 있다.
- [0084] 본 발명의 실시예에 따르면 코드북을 기반으로 피드백 정보를 발생시키며, 채널의 상황에 맞게 서브캐리어 그룹마다 다르게 전력을 할당함으로써 무선 채널 환경을 겪는 무선 통신 시스템에 신뢰성을 향상시키고 불필요한 오버헤드를 줄일 수 있다.
- [0085] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

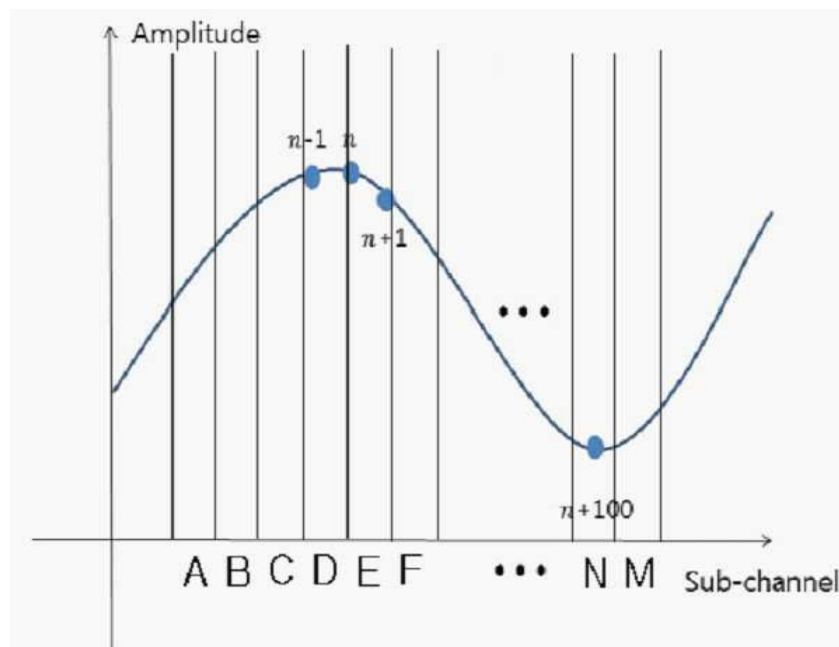
- [0086]
- | | |
|----------|--------------|
| 100: 송신단 | 110: 코드북 저장부 |
| 120: 통신부 | 130: 전력 할당부 |

도면

도면1



도면2



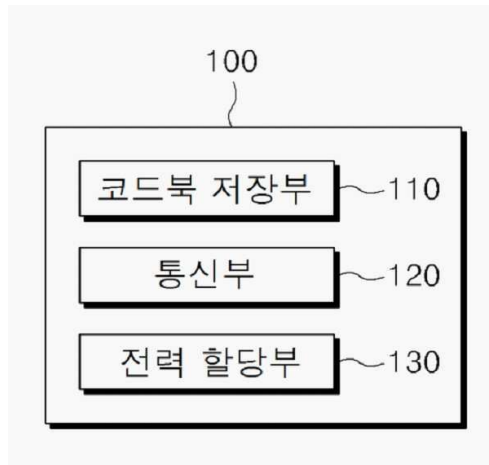
도면3a

condition range for channel	weighting factor (α)	bits
$1.6000 < x \leq 2.5000$	0.2439	000
$1.4000 < x < 1.6000$	0.6667	001
$1.2000 < x < 1.4000$	0.7692	010
$1.0000 < x < 1.2000$	0.9091	011
$0.8000 < x < 1.0000$	1.1111	100
$0.6000 < x < 0.8000$	1.4286	101
$0.4000 < x < 0.6000$	2.0000	110
$0.0000 \leq x < 0.4000$	5.0000	111

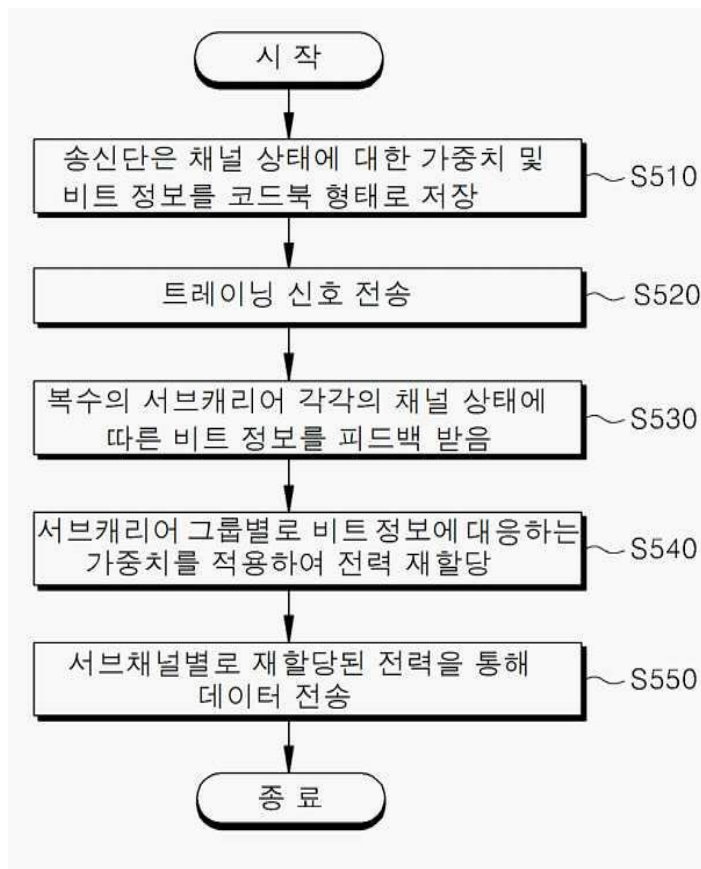
도면3b

condition range for channel	weighting factor (α)	bits
$1.4500 < x \leq 2.5000$	0.2532	0000
$1.3750 < x < 1.4500$	0.7080	0001
$1.3000 < x < 1.3750$	0.7477	0010
$1.2250 < x < 1.3000$	0.7921	0011
$1.1500 < x < 1.2250$	0.8421	0100
$1.0750 < x < 1.1500$	0.8989	0101
$1.0000 < x < 1.0750$	0.9639	0110
$0.9250 < x < 1.0000$	1.0390	0111
$0.8500 < x < 0.9250$	1.1268	1000
$0.7750 < x < 0.8500$	1.2308	1001
$0.7000 < x < 0.7750$	1.3559	1010
$0.6250 < x < 0.7000$	1.5094	1011
$0.5500 < x < 0.6250$	1.7021	1100
$0.4750 < x < 0.5500$	1.9512	1101
$0.4000 < x < 0.4750$	2.2857	1110
$0.0000 \leq x < 0.4000$	5.0000	1111

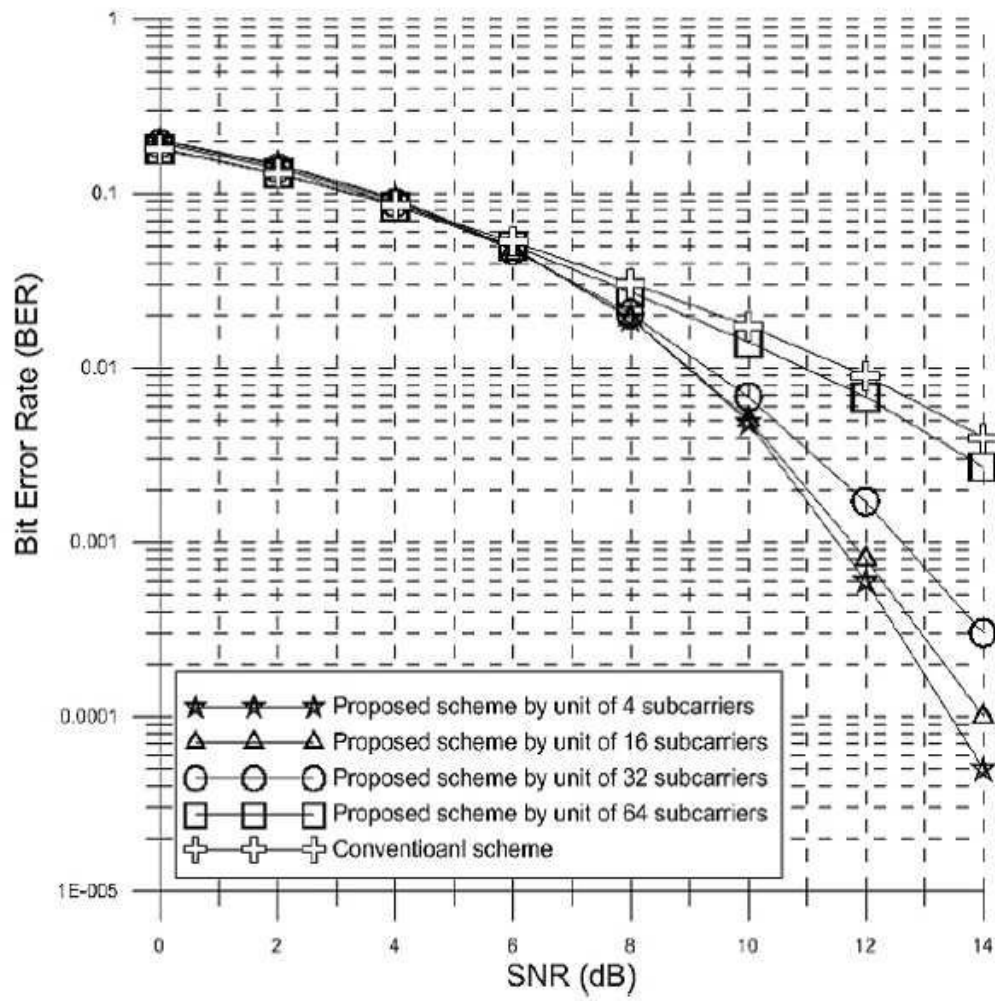
도면4



도면5



도면6a



도면6b

