(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년02월18일
(11) 등록번호 10-0943227
(24) 등록일자 2010년02월11일

(51) Int. Cl.
H04L 29/02 (2006.01) *H04W 40/24* (2009.01)
H04L 25/02 (2006.01) *H04B 7/26* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-7020709
(22) 출원일자 2006년02월13일
심사청구일자 2007년09월10일
(85) 번역문제출일자 2007년09월10일
(65) 공개번호 10-2007-0108906
(43) 공개일자 2007년11월13일
(86) 국제출원번호 PCT/US2006/005185
(87) 국제공개번호 WO 2006/086786
국제공개일자 2006년08월17일
(30) 우선권주장
11/351,683 2006년02월10일 미국(US)
60/652,236 2005년02월11일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
WO02082683 A2*
EP0966113 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
콸콤 인코포레이티드
미국 캘리포니아 샌디에고 모어하우스 드라이브5775 (우 92121-1714)
(72) 발명자
스타모우리스, 아나스타시오즈
미국 92101 캘리포니아 샌디에고 프론트 스트리트 #140 600
말라디, 듀가 프라세드
미국 92128 캘리포니아 샌디에고 브릴리프 웨이 11983
(74) 대리인
남상선

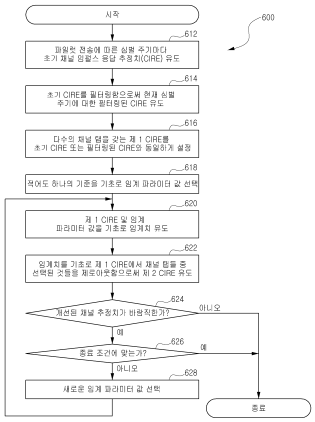
전체 청구항 수 : 총 26 항 심사관 : 오제욱

(54) 채널 추정을 위한 임계 파라미터의 선택

(57) 요 약

높은 품질의 채널 추정치를 유도하는 기술이 설명된다. 예를 들어, 수신된 파일럿으로부터 얻은 초기 CIRE를 필터링함으로써 다수의 채널 탭을 갖는 제 1 채널 임펄스 응답 추정치(CIRE)가 유도된다. 적어도 하나의 기준을 기초로 임계 파라미터 값이 선택되며, 이 기준은 채널 프로파일, 동작 SNR, 채널 탭 수 등에 관련될 수 있다. 임계 파라미터 값을 기초로 제 1 CIRE에서 채널 탭들 중 선택된 것들을 제로아웃 함으로써 제 2 CIRE가 유도된다. 채널 탭들의 평균 에너지가 결정될 수 있고, 평균 에너지 및 임계 파라미터 값을 기초로 임계치가 유도될 수 있으며, 임계치보다 적은 에너지를 갖는 채널 탭들이 제로아웃될 수 있다. 메모리는 서로 다른 동작 시나리오에 관한 임계 파라미터 값들을 저장할 수 있으며, 저장된 값은 현재 동작 시나리오를 기초로 사용하기 위해 선택될 수 있다.

대 표 도 - 도6



특허청구의 범위

청구항 1

채널의 제 1 채널 임펄스 응답 추정치(CIRE)를 유도하고 - 상기 제 1 CIRE는 다수의 채널 탭들을 포함함 -, 상기 채널의 적어도 하나의 동작 기준을 기초로 임계 파라미터 값을 선택하며, 상기 채널 탭들의 값들과 상기 임계 파라미터 값의 비교에 기초하여 상기 다수의 채널 탭들 중 선택된 탭들을 제로아웃(zero out) 함으로써 제 2 CIRE를 유도하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서; 및

상기 적어도 하나의 프로세서에 접속된 메모리를 포함하는, 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는 상기 다수의 채널 탭들 및 상기 임계 파라미터 값을 기초로 임계치를 유도하고, 상기 임계치보다 적은 에너지를 갖는 채널 탭들을 제로아웃함으로써 상기 제 2 CIRE를 유도하는, 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는 상기 다수의 채널 탭들의 평균 에너지를 결정하고, 상기 평균 에너지 및 상기 임계 파라미터 값을 기초로 임계치를 유도하며, 상기 임계치보다 적은 에너지를 갖는 채널 탭들을 제로아웃함으로써 상기 제 2 CIRE를 유도하는, 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는 상기 채널에 대한 채널 프로파일을 확인(ascertain)하고, 상기 채널 프로파일을 기초로 상기 임계 파라미터 값을 선택하는, 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는 상기 채널의 동작 신호-대-잡음 비(SNR)를 확인하고, 상기 동작 SNR을 기초로 상기 임계 파라미터 값을 선택하는, 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는 상기 제 1 CIRE에 대한 채널 탭들 개수를 기초로 상기 임계 파라미터 값을 선택하는, 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는 상기 채널을 통해 수신된 패킷이 잘못(in error) 디코딩되는지 여부를 확인하고, 상기 패킷이 잘못 디코딩된다면 새로운 임계 파라미터 값을 선택하고, 상기 새로운 임계 파라미터 값을 기초로 상기 다수의 채널 탭들 중 선택된 탭들을 제로아웃 함으로써 새로운 제 2 CIRE를 유도하는, 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는 다른 임계 파라미터 값들을 선택하고, (1) 상기 채널을 통해 수신된 패킷이 정확하게 디코딩되거나 또는 (2) 종료 조건에 직면(encounter)할 때까지 상기 제 1 CIRE 및 상기 다른 임계 파라미터 값들을 기초로 다른 제 2 CIRE들을 유도하는, 장치.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 메모리는 상이한 동작 시나리오들에 대한 임계 파라미터 값들의 테이블을 저장하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는 현재의 동작 시나리오를 기초로 상기 임계 파라미터 값들 중 하나의 파라미터를 선택하고 상기 테이블로부터 상기 임계 파라미터 값들 중 상기 하나의 파라미터를 검색하는, 장치.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는 파일럿 전송에 사용되는 부대역들에 대한 수신된 파일럿 심벌들을 획득하고, 상기 수신된 파일럿 심벌들을 기초로 상기 제 1 CIRE를 유도하는, 장치.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는 파일럿 전송에 사용되는 부대역들에 대한 수신된 파일럿 심벌들을 획득하고, 제로-아웃된 파일럿 부대역들에 대해 제로 심벌들을 제공하며, 상기 수신된 파일럿 심벌들 및 상기 제로 심벌들을 기초로 상기 제 1 CIRE를 유도하는, 장치.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는 최소-제곱법(least-squares), 최소 평균 제곱 오차(MMSE), 로버스트(robust) MMSE 또는 제로 포싱(ZF: zero-forcing) 기법을 기초로 상기 제 1 CIRE를 유도하는, 장치.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는 수신된 파일럿을 기초로 다수의 심벌 주기(period)들에 대한 초기 CIRE들을 유도하고, 상기 초기 CIRE들을 필터링함으로써 상기 제 1 CIRE들을 유도하는, 장치.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는 수신된 파일럿을 기초로 현재 심벌 주기, 적어도 하나의 이전 심벌 주기 및 적어도 하나의 향후 심벌 주기에 대한 초기 CIRE들을 유도하고, 상기 초기 CIRE들을 필터링함으로써 상기 제 1 CIRE를 유도하는, 장치.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는 수신된 파일럿을 기초로 현재 심벌 주기 및 적어도 하나의 이전 심벌 주기에 대한 초기 CIRE들을 유도하고, 상기 초기 CIRE들을 필터링함으로써 상기 제 1 CIRE를 유도하는, 장치.

청구항 16

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는 수신된 파일럿을 기초로 현재 심벌 주기 및 적어도 하나의 향후의 심벌 주기에 대한 초기 CIRE들을 유도하고, 상기 초기 CIRE들을 필터링함으로써 상기 제 1 CIRE를 유도하는, 장치.

청구항 17

채널의 제 1 채널 임펄스 응답 추정치(CIRE)를 유도하는 단계 – 상기 제 1 CIRE는 다수의 채널 탭들을 포함함

—;

상기 채널의 적어도 하나의 동작 기준을 기초로 임계 파라미터 값을 선택하는 단계; 및

상기 채널 탭들의 값들과 상기 임계 파라미터 값의 비교에 기초하여 상기 다수의 채널 탭들 중 선택된 탭들을 제로아웃 함으로써 제 2 CIRE를 유도하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 선택하는 단계는,

상기 다수의 채널 탭들의 평균 에너지를 결정하는 단계; 및

상기 평균 에너지 및 상기 임계 파라미터 값을 기초로 임계치를 유도하는 단계를 포함하며, 상기 제 2 CIRE를 유도하는 단계는 상기 임계치보다 적은 에너지를 갖는 채널 탭들을 제로아웃함으로써 상기 제 2 CIRE를 유도하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 19

제 17 항에 있어서,

상기 임계 파라미터 값을 선택하는 단계는 상기 채널의 채널 프로파일, 동작 신호대 잡음비(SNR) 또는 상기 제 1 CIRE에 대한 채널 탭들의 수를 기초로 상기 임계 파라미터 값을 선택하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 20

제 17 항에 있어서,

패킷이 잘못 디코딩되는지 여부를 확인하는 단계; 및

상기 패킷이 잘못 디코딩된 경우,

새로운 임계 파라미터 값을 선택하는 단계; 및

상기 새로운 임계 파라미터 값을 기초로 상기 다수의 채널 탭들 중 선택된 탭들을 제로아웃 함으로써 새로운 제 2 CIRE를 유도하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 21

제 17 항에 있어서,

수신된 파일럿을 기초로 다수의 심벌 주기들에 대한 초기 CIRE들을 유도하는 단계를 더 포함하며, 상기 제 1 CIRE를 유도하는 단계는 상기 제 1 CIRE를 획득하기 위해 상기 초기 CIRE들을 필터링하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 22

채널의 제 1 채널 임펄스 응답 추정치(CIRE)를 유도하는 수단 — 상기 제 1 CIRE는 다수의 채널 탭들을 포함함 —;

상기 채널의 적어도 하나의 동작 기준을 기초로 임계 파라미터 값을 선택하는 수단; 및

상기 채널 탭들의 값들과 상기 임계 파라미터 값의 비교에 기초하여 상기 다수의 채널 탭들 중 선택된 탭들을 제로아웃 함으로써 제 2 CIRE를 유도하는 수단을 포함하는, 장치.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 다수의 채널 탭들의 평균 에너지를 결정하는 수단; 및

상기 평균 에너지 및 상기 임계 파라미터 값을 기초로 임계치를 유도하는 수단을 더 포함하며, 상기 제 2 CIRE를 유도하는 수단은 상기 임계치보다 적은 에너지를 갖는 채널 탭들을 제로아웃함으로써 상기 제 2 CIRE를 유도

하는 수단을 포함하는, 장치.

청구항 24

제 22 항에 있어서,

상기 임계 파라미터 값을 선택하는 수단은 상기 채널의 채널 프로파일, 동작 신호대 잡음비(SNR) 또는 상기 제 1 CIRE에 대한 채널 탭들의 수를 기초로 상기 임계 파라미터 값을 선택하는 수단을 포함하는, 장치.

청구항 25

제 22 항에 있어서,

패킷이 잘못 디코딩되는지 여부를 확인하는 수단;

상기 패킷이 잘못 디코딩된 경우, 새로운 임계 파라미터 값을 선택하는 수단; 및

상기 패킷이 잘못 디코딩된 경우, 상기 새로운 임계 파라미터 값을 기초로 상기 다수의 채널 탭들 중 선택된 탭들을 제로아웃 함으로써 새로운 제 2 CIRE를 유도하는 수단을 더 포함하는 장치.

청구항 26

제 22 항에 있어서,

수신된 파일럿을 기초로 다수의 심벌 주기들에 대한 초기 CIRE들을 유도하는 수단을 더 포함하며, 상기 제 1 CIRE를 유도하는 수단은 상기 제 1 CIRE를 획득하기 위해 상기 초기 CIRE들을 필터링하는 수단을 더 포함하는 장치.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] **35 U.S.C §119 하의 우선권 주장** 본 특허 출원은 "채널 추정을 위한 임계 파라미터의 선택"이라는 명칭으로 2005년 2월 11일자 제출된 예비 출원 60/652,236호에 대한 우선권을 주장하며, 이는 본원의 양수인에게 양도되었으며 이로써 본원에 참조로 통합된다.

[0002] 본 발명은 일반적으로 통신에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 통신 채널에 대한 채널 추정치를 유도하기 위한 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 통신 시스템에서, 송신기는 일반적으로 트래픽 데이터를 처리(예를 들어, 인코딩, 인터리빙 및 심벌 매핑)하여 데이터에 대한 변조 심벌인 데이터 심벌을 생성한다. 코히어런트 시스템에서, 송신기는 파일럿 심벌들을 데이터 심벌들과 다중화하고, 다중화된 데이터 및 파일럿 심벌들을 처리하여 무선 주파수(RF) 신호를 생성하며, 통신 채널을 통해 RF 신호를 전송한다. 채널은 채널 응답으로 RF 신호를 왜곡하고, 또 잡음 및 간섭으로 RF 신호를 열화시킨다.

[0004] 수신기는 전송된 RF 신호를 수신하고 수신된 RF 신호를 처리하여 샘플들을 얻는다. 코히어런트 데이터 검출을 위해, 수신기는 수신된 파일럿을 기초로 통신 채널의 응답을 추정하여 채널 추정치를 유도한다. 그 다음, 수신기는 채널 추정치를 갖는 샘플들에 데이터 검출(예를 들어, 등화)을 수행하여 데이터 심벌 추정치를 구하고, 데이터 심벌 추정치는 송신기에 의해 전송된 데이터 심벌들의 추정치이다. 그 다음, 수신기는 데이터 심벌 추정치를 처리(예를 들어, 복조, 디인터리빙 및 디코딩)하여 디코딩된 데이터를 얻는다.

[0005] 채널 추정치의 품질은 데이터 검출 성능에 큰 영향을 줄 수 있으며, 디코딩된 데이터의 정확도는 물론 심벌 추정치 품질에도 영향을 줄 수 있다. 따라서 통신 시스템에서 높은 품질의 채널 추정치를 유도하는 기술이 당업계에 필요하다.

발명의 상세한 설명

[0006] 여기서는 높은 품질의 채널 추정치를 유도하기 위한 기술이 설명된다. 발명의 실시예에 따르면, 적어도 하나의 프로세서 및 메모리를 포함하는 장치가 기술된다. 프로세서(들)는 다수의 채널 탭을 갖는 제 1 채널 임펄스 응

답 추정치(CIRE)를 유도한다. 프로세서(들)는 수신된 파일럿을 기초로 초기 CIRE들을 유도할 수 있고, 초기 CIRE들을 필터링하여 제 1 CIRE를 얻는다. 프로세서(들)는 적어도 하나의 기준을 기초로 임계 파라미터 값을 선택하며, 이 조건은 채널 프로파일, 동작 신호대 잡음비(SNR), 예상 채널 지연 확산, 채널 탭 수 등에 관련될 수 있다. 프로세서(들)는 임계 파라미터 값을 기초로 제 1 CIRE에서 채널 탭들 중 선택된 것들을 제로아웃(zero out) 함으로써 제 2 CIRE를 유도한다. 프로세서(들)는 채널 탭들의 평균 에너지를 결정하고, 평균 에너지 및 임계 파라미터 값을 기초로 임계치를 유도하며, 임계치보다 적은 에너지를 갖는 채널 탭들을 제로아웃할 수 있다. 메모리는 서로 다른 동작 시나리오에 관한 임계 파라미터 값들의 표(table)를 저장할 수 있다. 프로세서(들)는 현재 동작 시나리오를 기초로 저장된 임계 파라미터 값들 중 하나를 선택할 수 있다.

[0007] 다른 실시예에 따르면, 다수의 채널 탭을 갖는 제 1 CIRE가 유도되는 방법이 제공된다. 적어도 하나의 기준을 기초로 임계 파라미터 값이 선택된다. 임계 파라미터 값을 기초로 다수의 채널 탭 중 선택된 탭들을 제로아웃함으로써 제 2 CIRE가 유도된다.

[0008] 또 다른 실시예에 따르면, 다수의 채널 탭을 갖는 제 1 CIRE를 유도하는 수단, 적어도 하나의 기준을 기초로 임계 파라미터 값을 선택하는 수단, 및 임계 파라미터 값을 기초로 다수의 채널 탭 중 선택된 탭들을 제로아웃 함으로써 제 2 CIRE를 유도하는 수단을 포함하는 장치가 기술된다.

[0009] 본 발명의 다양한 형태 및 실시예가 뒤에 더 상세히 설명된다.

실 시 예

[0016] "예시적인"이란 단어는 여기서 "예, 실례 또는 예증이 되는 것"의 의미로 사용된다. 여기서 "예시적인" 것으로 설명하는 어떤 실시예도 다른 실시예들보다 바람직하거나 유리한 것으로 해석되는 것은 아니다.

[0017] 여기서 설명하는 채널 추정 기술은 코드 분할 다중 접속(CDMA) 시스템, 시분할 다중 접속(TDMA) 시스템, 주파수 분할 다중 접속(FDMA) 시스템, 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 시스템, 직교 주파수 분할 다중 접속(OFDMA) 시스템, 단일 반송파 FDMA(SC-FDMA) 시스템 등과 같은 각종 통신 시스템에 사용될 수 있다. CDMA 시스템은 광대역 CDMA(W-CDMA), cdma2000 등과 같은 하나 이상의 무선 접속 기술(RAT)을 구현할 수 있다. TDMA 시스템은 글로벌 이동 통신 시스템(GSM)과 같은 RAT를 구현할 수 있다. 이러한 각종 RAT 및 표준은 공지되어 있다. OFDM 시스템은 IEEE 802.11a/g 시스템, 휴대용 디지털 비디오 방송(DVB-H: Digital Video Broadcasting for Handheld) 시스템, 종합 정보 디지털 지상파 텔레비전 방송(ISDB-T: Integrated Services Digital Broadcasting for Terrestrial Television Broadcasting) 시스템 등일 수 있다. OFDMA 시스템은 OFDM을 이용하여 직교 주파수 부대역에서 주파수 영역의 변조 심벌들을 전송한다. SC-FDMA 시스템은 직교 주파수 부대역에서 시간 영역의 변조 심벌들을 전송한다. 간결성을 위해, 뒤에서는 다수의 주파수 부대역을 갖는 시스템에 관한 기술이 설명되며, 이 시스템은 OFDM, OFDMA 또는 SC-FDMA 시스템일 수 있다.

[0018] 도 1은 무선 통신 시스템(100)에서 송신기(110) 및 수신기(150)의 블록도를 나타낸다. 간소화를 위해, 송신기(110) 및 수신기(150)는 각각 하나의 안테나를 구비한다. 다운링크(또는 순방향 링크)에서, 송신기(110)는 기지국의 일부일 수 있고, 수신기(150)는 단말의 일부일 수 있다. 업링크(또는 역방향 링크)에서, 송신기(110)는 단말의 일부일 수 있고, 수신기(150)는 기지국의 일부일 수 있다. 기지국은 보통 고정국이며, 기지국 트랜시버 시스템(BTS), 액세스 포인트, 노드 B, 또는 다른 어떤 기술 용어로 지칭될 수도 있다. 단말은 고정될 수도 있고 움직일 수도 있으며, 무선 장치, 셀룰러폰, 개인 휴대 단말(PDA), 무선 모뎀 카드 등일 수도 있다. 여기서 설명하는 채널 추정 기술은 기지국은 물론 단말에도 사용될 수 있다.

[0019] 송신기(110)에서 송신(TX) 데이터 프로세서(112)는 트래픽 데이터를 처리(예를 들어, 인코딩, 인터리빙 및 심벌 매핑)하여 데이터 심벌들을 생성한다. 파일럿 프로세서(114)는 파일럿 심벌들을 생성한다. 여기서 사용되는 바와 같이, 데이터 심벌은 데이터에 대한 변조 심벌이고, 파일럿 심벌은 파일럿에 대한 변조 심벌이며, 변조 심벌은 (예를 들어, PSK 또는 QAM에 대한) 단일 성상도(constellation)의 포인트에 대한 복소값이고, 심벌은 일반적으로 복소값이다. 변조기(120)는 데이터 심벌들 및 파일럿 심벌들을 다중화하고, 다중화된 데이터 및 파일럿 심벌들에 (예를 들어, OFDM 또는 SC-FDMA에 대한) 변조를 수행하여 송신 심벌들을 생성한다. 송신 심벌은 OFDM 심벌일 수도 있고 SC-FDMA 심벌일 수도 있으며, 하나의 심벌 구간에서 전송된다. 송신기 유닛(TMTR; 132)은 송신 심벌들을 처리(예를 들어, 아날로그 변환, 증폭, 필터링 및 주파수 상향 변환)하여 RF 신호를 생성하고, RF 신호는 안테나(134)를 통해 전송된다.

[0020] 수신기(150)에서, 안테나(152)는 송신기(110)로부터 RF 신호를 수신하여 수신된 신호를 수신기 유닛(RCVR; 154)에 제공한다. 수신기 유닛(154)은 수신된 신호를 조정(예를 들어, 필터링, 증폭, 주파수 하향 변환 및 디지

털화)하여 입력 샘플들을 제공한다. 복조기(160)는 입력 샘플들에 (예를 들어, OFDM 또는 SC-FDMA에 대한) 복조를 수행하여 수신 심벌들을 얻는다. 복조기(160)는 수신된 파일럿 심벌들을 채널 추정기/프로세서(170)에 제공하고 수신된 데이터 심벌들을 데이터 검출기(172)에 제공한다. 채널 추정기/프로세서(170)는 수신된 파일럿 심벌들을 기초로 송신기(110)와 수신기(150) 간 무선 채널에 대한 채널 추정치를 유도한다. 데이터 검출기(172)는 채널 추정치로 수신된 데이터 심벌들에 대한 데이터 검출(예를 들어, 등화 또는 정합 필터링)을 수행하여 데이터 심벌 추정치를 제공하고, 데이터 심벌 추정치는 송신기(110)에 의해 전송된 데이터 심벌들의 추정치이다. RX 데이터 프로세서(180)는 데이터 심벌 추정치를 처리(예를 들어, 심벌 디매핑, 디인터리빙 및 디코딩)하여 디코딩된 데이터를 제공한다. 일반적으로, 수신기(150)에서의 처리는 송신기(110)에서의 처리와 상보적이다.

[0021] 제어기/프로세서(140, 190)는 각각 송신기(110) 및 수신기(150)에서 각종 처리 유닛의 동작을 지시한다. 메모리(142, 192)는 각각 송신기(110) 및 수신기(150)에 대한 프로그램 코드 및 데이터를 저장한다.

[0022] 도 2는 시스템(100)에 사용될 수 있는 예시적인 멀티티어(multi-tier) 프레임 구조(200)를 나타낸다. 송신 시간 라인은 수퍼프레임들로 분할되고, 각 수퍼프레임은 미리 결정된 시간 듀레이션, 예를 들어 약 1초를 갖는다. 각 수퍼프레임은 (1) 시분할 다중화(TDM) 파일럿 및 오버헤드/제어 정보에 관한 헤더 필드 및 (2) 트래픽 데이터 및 주파수 분할 다중화(FDM) 파일럿에 대한 데이터 필드를 포함할 수 있다. 데이터 필드는 다수(O)의 동일 크기 외부 프레임들로 분할될 수 있으며, 각 외부 프레임은 다수(F)의 프레임으로 분할될 수 있고, 각 프레임은 다수(T)의 슬롯으로 분할될 수 있다. 예를 들어, 각 수퍼프레임은 4개의 외부 프레임(O = 4)을 포함할 수 있으며, 각 외부 프레임은 32개의 프레임(F = 32)을 포함할 수 있고, 각 프레임은 15개의 시간 슬롯(T = 15)을 포함할 수 있다. 각 프레임이 W-CDMA에 따르는 10밀리초(ms)의 듀레이션을 갖는다면, 각 슬롯은 667마이크로초(㎲)의 듀레이션을 갖고, 각 외부 프레임은 320ms의 듀레이션을 가지며, 각 수퍼프레임은 약 1.28초의 듀레이션을 갖는다. 수퍼프레임, 외부 프레임, 프레임 및 슬롯은 다른 어떤 기술 용어로 지칭될 수도 있다.

[0023] 실시예에서, 서로 다른 슬롯에는 서로 다른 무선 기술이 사용될 수 있다. 예를 들어, 어떤 슬롯에는 W-CDMA가 사용될 수도 있고, 다른 슬롯에는 OFDM이 사용될 수도 있다. 일반적으로, 시스템은 무선 기술들 중 어느 하나 또는 임의의 조합을 지원할 수 있으며, 각 슬롯은 하나 또는 다수의 무선 기술을 이용할 수 있다. OFDM에 사용되는 슬롯은 OFDM 슬롯이라 한다. OFDM 슬롯은 하나 이상(N)의 OFDM 심벌을 운반할 수 있으며, 또 보호 구간(GP)을 포함할 수 있다. 예를 들어, OFDM 슬롯은 3개의 OFDM 심벌 및 하나의 보호 구간을 운반할 수 있으며, 각 OFDM 심벌은 약 210㎲의 듀레이션을 갖는다.

[0024] 도 3은 시스템에 사용될 수 있는 예시적인 부대역 구조(300)를 나타낸다. 시스템은 BW ㎒의 전체 시스템 대역폭을 갖고, 이 대역폭은 다수(K)의 직교 부대역으로 분할된다. K는 임의의 정수값일 수 있지만 시간과 주파수 간 변환을 간소화하기 위해 보통 2의 거듭제곱(예를 들어, 128, 256, 512, 1024 등)이다. 인접한 부대역들의 간격은 BW/K ㎒이다. 스펙트럼형 시스템에서, G개의 부대역은 전송에 사용되지 않고 보호 부대역으로서 시스템이 스펙트럼 마스크 요건을 만족하게 하며, 일반적으로 G > 1이다. G개의 보호 부대역은 종종 $G_L \approx$ G/2개의 보호 부대역은 하부 대역 에지에 있고 $G_U \approx$ G/2개의 보호 부대역은 상부 대역 에지에 있도록 분산된다. 나머지 U = K - G개의 부대역이 전송에 사용될 수 있으며 사용 가능 부대역이라 한다.

[0025] 채널 추정을 용이하게 하기 위해, 파일럿은 전체 시스템 대역폭에 걸쳐 고르게 분산될 수 있는 M개의 부대역으로 이루어진 한 세트에서 전송될 수 있다. 이 세트의 연속한 부대역들은 S개의 부대역 간격을 둘 수 있으며, S = K/M이다. 이 세트의 일부 부대역은 G_L개의 하부 보호 부대역 사이에 있을 수도 있고 파일럿 전송에 사용되지 않으며, 이 세트의 일부 다른 부대역들은 G_U개의 상부 보호 부대역 사이에 있을 수 있고 파일럿 전송에도 사용되지 않는다. 도 2에 나타낸 예에서, 세트의 처음 Z_L개의 부대역은 파일럿 전송에 사용되며 제로아웃된 파일럿 부대역이라 하고, 이 세트의 다음 P개의 부대역은 파일럿 전송에 사용되며 사용된 파일럿 부대역이라 하며, 이 세트의 마지막 Z_U개의 부대역은 제로아웃된 파일럿 부대역이고, $M = Z_L + P + Z_U$이다.

[0026] 예시적인 한 설계에서, 시스템은 K = 1024개의 전체 부대역, G_L = 68개의 하부 보호 부대역, G_U = 68개의 상부 보호 부대역, U = 888개의 사용 가능 부대역, M = 128개의 파일럿 부대역, P = 111개의 사용 가능 파일럿 부대역, 및 각 OFDM 심벌에 부착된 순환 프리픽스에 대한 C = 108개의 칩을 갖는 부대역 구조를 이용한다. 이들 파라미터에 다른 값이 사용될 수도 있다.

[0027] 도 2는 예시적인 프레임 구조를 나타내고, 도 3은 예시적인 부대역 구조를 나타낸다. 여기서 설명하는 채널 추정 기술은 각종 프레임 및 부대역 구조로 사용될 수 있다.

[0028] 간결성을 위해, 아래 기술에 다음 명명법이 사용된다. 벡터는 벡터 길이를 지시하는 첨자를 가진 굵고 밑줄 친 텍스트로, 예를 들어 M×1 벡터에 대해 $\underline{\mathbf{h}}_M$ 또는 K×1 벡터에 대해 $\underline{\mathbf{H}}_K$로 표시되며, 크기에서 "×1"은 함축적이며 간결성을 위해 생략된다. 행렬은 행렬 크기를 지시하는 첨자를 가진 굵고 밑줄 친 텍스트로, 예를 들어 M×K 행렬에 대해 $\underline{\mathbf{W}}_{M\times K}$로 표시된다. 시간 영역 벡터는 일반적으로 소문자, 예를 들어 $\underline{\mathbf{h}}_K$로 나타내고, 주파수 영역 벡터는 일반적으로 대문자, 예를 들어 $\underline{\mathbf{H}}_K$로 나타낸다.

[0029] 송신기(110)와 수신기(150) 간 무선 채널은 시간 영역 채널 응답 $\underline{\mathbf{h}}_K$ 또는 대응하는 주파수 영역 채널 주파수 응답 $\underline{\mathbf{H}}_K$로 특징지워질 수 있다. 채널 임펄스 응답과 채널 주파수 응답과의 관계는 다음과 같은 행렬 형태로 나타낼 수 있다: $\underline{\mathbf{H}}_K = \underline{\mathbf{W}}_{K\times K} \cdot \underline{\mathbf{h}}_K$,

식(1) $\underline{\mathbf{h}}_K = \underline{\mathbf{W}}^{-1}_{K\times K} \cdot \underline{\mathbf{H}}_K$,

식(2) 여기서 $\underline{\mathbf{h}}_K$는 무선 채널의 임펄스 응답에 대한 K×1 벡터이고, $\underline{\mathbf{H}}_K$는 무선 채널의 주파수 응답에 대한 K×1 벡터이고, $\underline{\mathbf{W}}_{K\times K}$는 K×K 푸리에 행렬이고, $\underline{\mathbf{W}}^{-1}_{K\times K} = \frac{1}{M} \cdot \underline{\mathbf{W}}^{H}_{K\times K}$는 K×K 역푸리에 행렬이며, "^{H}"는 공액 전치를 나타낸다.

[0030] 식(1)은 채널 주파수 응답이 채널 임펄스 응답의 고속 푸리에 변환 또는 이산 푸리에 변환(FFT/DFT)임을 지시한다. 식(2)는 채널 임펄스 응답이 채널 주파수 응답의 역 FFT 또는 역 DFT(TFFT/IDFT)임을 지시한다. 푸리에 행렬 $\underline{\mathbf{W}}_{K\times K}$의 r행 c열의 원소는 다음과 같이 주어질 수 있다:

$$w_{r,c} = e^{-j2\pi\frac{(r-1)(c-1)}{K}}, \quad r = 1, \cdots, K, \; c = 1, \cdots, K \qquad \text{식(3)}$$

식(3)의 지수에서 "-1"은 0 대신 1로 시작하는 인덱스 r 및 c에 기인한다.

[0031] 송신기(110)는 사용 가능 부대역 상에서 데이터 및 파일럿 심벌들을 수신기(150)로 전송한다. 데이터 및 파일럿 심벌들은 E_s, 또는 $E\{|X(k)|^2\} = E_s$의 평균 에너지를 갖는 것으로 가정할 수 있으며, 여기서 $X(k)$는 부대역 k에서 전송되는 심벌이고 $E\{\ \}$는 기대값 연산을 나타낸다. 간소화를 위해, 다음 설명은 각 심벌이 이 $E_s = 1$이 되도록 단위 전력으로 전송되는 것으로 가정한다.

[0032] OFDM 심벌 구간 n에서 수신기(150)에 의해 얻어지는 수신 심벌들은 다음과 같이 나타낼 수 있다:

$$\underline{\mathbf{Y}}_K(n) = \underline{\mathbf{H}}_K(n) \circ \underline{\mathbf{X}}_K(n) + \underline{\eta}_K(n), \qquad \text{식(4)}$$

여기서 $\underline{\mathbf{X}}_K(n)$은 K개의 부대역에 대한 송신 심벌들을 포함하는 K×1 벡터이고, $\underline{\mathbf{Y}}_K(n)$은 K개의 부대역에 대한 수신 심벌들을 포함하는 K×1 벡터이고, $\underline{\mathbf{n}}_K(n)$은 K개의 부대역에 대한 잡음의 K×1 벡터이고, "$\circ$"은 원소-단위(element-wise) 적(product)을 나타낸다.

[0033] $\underline{\mathbf{X}}_K(n)$의 각 원소는 데이터 부대역에 대한 데이터 심벌, 파일럿 부대역에 대한 파일럿 심벌 또는 미사용 부대역(예를 들어, 보호 부대역)에 대한 제로 심벌일 수 있다. 간소화를 위해, 파일럿 심벌들은 1 + $j0$의 복소값 및 $\sqrt{E_s} = 1$의 크기를 갖는 것으로 가정할 수 있다. 이 경우, 수신된 파일럿 심벌들은 단순히 $\underline{\mathbf{H}}_K(n)$에서 채널 이득의 잡음 버전이다.

[0034] 도 3에 나타낸 것과 같이 P개의 파일럿 부대역만 파일럿 전송에 사용된다면, 수신기는 P개의 사용된 파일럿 부대역에 대한 P개의 수신 파일럿 심벌 및 제로아웃 된 파일럿 부대역에 대한 $Z_L + Z_U$개의 제로 심벌을 포함하는 M

×1 벡터 $\underline{Y}_M(n)$을 형성할 수 있다. 벡터 $\underline{Y}_M(n)$은 다음과 같이 나타낼 수 있다:

$$\underline{Y}_M(n) = \begin{pmatrix} \underline{0}_{Z_L} \\ \underline{Y}_P(n) \\ \underline{0}_{Z_U} \end{pmatrix} \quad \text{식(5)}$$

여기서 $\underline{0}_{Z_L}$ 및 $\underline{0}_{Z_U}$는 모두 0인 벡터이고,
$\underline{Y}_P(n)$은 P개의 사용된 파일럿 부대역에 대한 수신 파일럿 심벌들의 P×1 벡터이다.

[0035] 수신된 파일럿 심벌들을 기초로 채널 임펄스 응답을 추정하기 위해 다양한 기술이 사용될 수 있다. 이들 기술은 최소 제곱(least-squares, LS) 기술, 최소 평균 제곱 오차(minimum mean square error, MMSE) 기술, 로버스트(robust) MMSE 기술 및 제로 포싱(ZF: zero-forcing) 기술을 포함한다.

[0036] 최소 제곱 채널 임펄스 응답 추정치(CIRE) $\underline{h}_M^{ls}(n)$은 다음과 같이 유도될 수 있다:

$$\begin{aligned} \underline{h}_M^{ls}(n) &= \underline{W}_{M\times M}^{-1} \cdot \underline{Y}_M(n) , \\ &= \underline{W}_{M\times M}^{-1} \cdot [\underline{W}_{M\times M} \cdot \underline{h}_M(n) + \underline{\eta}_M(n)] , \\ &= \underline{h}_M(n) + \underline{W}_{M\times M}^{-1} \cdot \underline{\eta}_M(n) , \end{aligned} \quad \text{식(6)}$$

여기서 $\underline{h}_M(n)$은 M개의 채널 탭을 갖는 M×1 채널 임펄스 응답 벡터이고, $\underline{\eta}_M(n)$은 M개의 파일럿 부대역에 대한 잡음의 M×1 벡터이다. 식(6)은 최소 제곱 CIRE가 간단히 $\underline{Y}_M(n)$에서 수신 파일럿 심벌들의 M-포인트 IFFT/IDFT를 취함으로써 얻어질 수 있음을 지시한다. 제로 포싱 CIRE는 최소 제곱 CIRE와 같다.

[0037] MMSE CIRE $\underline{h}_M^{mmse}(n)$은 다음과 같이 유도될 수 있다:

$$\underline{h}_M^{mmse}(n) = \underline{\Psi}_{hh} \cdot \underline{W}_{M\times M}^{-1} \cdot [\underline{W}_{M\times M} \cdot \underline{\Psi}_{hh} \cdot \underline{W}_{M\times M}^{-1} + \underline{\Lambda}_{\eta\eta}]^{-1} \cdot \underline{Y}_M(n) \quad \text{식(7)}$$

여기서
$\underline{\Psi}_{hh} = E\{\underline{h}_M(n) \cdot \underline{h}_M^H(n)\}$은 M×M 채널 공분산 행렬이고,
$\underline{\Lambda}_{\eta\eta} = E\{\underline{\eta}_M(n) \cdot \underline{\eta}_M^H(n)\}$은 M×M 잡음 공분산 행렬이다.

[0038] 로버스트 MMSE CIRE $\underline{h}_M^{rmmse}(n)$은 다음과 같이 유도될 수 있다:

$$\underline{h}_M^{rmmse}(n) = \frac{1}{1+N_0} \cdot \underline{W}_{M\times M}^{-1} \cdot \underline{Y}_M(n) \quad \text{식(8)}$$

식(8)은 채널 임펄스 응답의 탭들이 상관되지 않고 동일한 전력을 가지므로 $\underline{\Psi}_{hh} = \underline{I}_{M\times M}$인 것으로 가정한다. 식(8)은 잡음 $\underline{\eta}_M(n)$이 제로 평균 벡터 및 $\underline{\Lambda}_{\eta\eta} = N_0 \cdot \underline{I}_{KK}$의 공분산 행렬을 갖는 부가 백색 가우스 잡음(AWGN)인 것으로 가정하며, 여기서 N_0은 잡음의 분산이고 $\underline{I}_{KK}$는 K×K 단위 행렬이다.

[0039] 수신기는 OFDM 심벌 구간 n마다 해당 OFDM 심벌로부터 수신된 파일럿 심벌들을 기초로 파일럿 전송에 의한 초기 CIRE $\underline{h}'_M(n)$를 유도할 수 있다. 수신기는 최소 제곱, MMSE, 로버스트 MMSE 또는 다른 어떤 기술을 이용하여 $\underline{h}'_M(n)$을 유도할 수 있다. 그러므로 $\underline{h}'_M(n)$은 $\underline{h}_M^{ls}(n)$, $\underline{h}_M^{mmse}(n)$ 또는 $\underline{h}_M^{rmmse}(n)$과 같을 수도 있다.

[0040] 수신기는 서로 다른 OFDM 심벌 구간에 대한 초기 CIRE $\underline{h}'_M(n)$을 필터링하여, 향상된 품질을 갖는 필터링된 CIRE $\underline{\tilde{h}}_M(n)$을 얻는다. 필터링은 다양한 방식으로 수행될 수 있다.

[0041] 실시예에서, 왼쪽에서 OFDM 심벌 $n-1$, 오른쪽에서 OFDM 심벌 $n+1$에 접하는 "내부" OFDM 심벌 n에 대한 필터링은 다음과 같이 수행될 수 있다:

$$\tilde{\underline{h}}_M(n)=\frac{1}{4}\underline{h}'_M(n-1)+\frac{1}{2}\underline{h}'_M(n)+\frac{1}{4}\underline{h}'_M(n+1)$$

식(9) 식(9)에서, 현재 OFDM 심벌 구간에 대해 필터링된 CIRE $\tilde{\underline{h}}_M(n)$은 이전, 현재 그리고 다음 OFDM 심벌 구간에 대한 초기 CIRE를 기초로 결정된다.

[0042] 실시예에서, 오른쪽에서 OFDM 심벌 n + 1에만 접하는 "좌측 에지" OFDM 심벌 n에 대한 필터링은 다음과 같이 수행될 수 있다:

$$\tilde{\underline{h}}_M(n)=\frac{2}{3}\underline{h}'_M(n)+\frac{1}{3}\underline{h}'_M(n+1)$$

식(10) 식(10)에서, 현재 OFDM 심벌 구간에 대해 필터링된 CIRE $\tilde{\underline{h}}_M(n)$은 현재 그리고 다음 OFDM 심벌 구간에 대한 초기 CIRE를 기초로 결정된다.

[0043] 실시예에서, 왼쪽에서 OFDM 심벌 n - 1에만 접하는 "우측 에지" OFDM 심벌 n에 대한 필터링은 다음과 같이 수행될 수 있다:

$$\tilde{\underline{h}}_M(n)=\frac{2}{3}\underline{h}'_M(n)+\frac{1}{3}\underline{h}'_M(n-1)$$

식(11) 식(11)에서, 현재 OFDM 심벌 구간에 대해 필터링된 CIRE $\tilde{\underline{h}}_M(n)$은 이전과 현재 OFDM 심벌 구간에 대한 초기 CIRE를 기초로 결정된다.

[0044] 일반적으로, 초기 CIRE들의 시간 필터링은 임의의 수의 과거 및/또는 미래 OFDM 심벌에 걸쳐 수행될 수 있다. 더욱이, 시간 필터링은 예를 들어 식(9) 내지 식(11)에 나타낸 것과 같은 유한 임펄스 응답(FIR) 필터, 무한 임펄스 응답(IIR) 필터 또는 다른 어떤 타입의 필터로 수행될 수도 있다. 필터링은 적응적일 수도 있으며, 예를 들어 수신기의 속도, 채널 상태의 변화율, 동작 SNR 등을 기초로 조정될 수 있다.

[0045] 수신기는 필터링된 CIRE $\tilde{\underline{h}}_M(n)$에 대한 임계화(thersholding)를 수행하여 최종 CIRE $\hat{\underline{h}}_M(n)$을 얻을 수 있다. 필터링된 CIRE $\tilde{\underline{h}}_M(n)$은 M개의 채널 탭 $\tilde{h}_1(n)$ 내지 $\tilde{h}_M(n)$을 포함한다. m = 1, … , M에 대한 각 채널 탭 $\tilde{h}_m(n)$은 무선 채널에 의해 결정되는 복소 이득을 갖는다. 임계화는 충분한 에너지를 갖는 채널 탭들을 유지하고 약한 채널 탭들을 폐기한다.

[0046] 한 형태에서, 임계화는 임계 파라미터 및 임계치에 따라 수행된다. 임계치를 유도하기 위해, $\tilde{\underline{h}}_M(n)$에서 M개의 채널 탭에 대한 평균 채널 에너지가 다음과 같이 계산될 수 있다:

$$E_{avg}(n)=\frac{1}{M}\cdot\sum_{m=1}^{M}|\tilde{h}_m(n)|^2$$

식(12) 여기서 $\tilde{h}_m(n)$은 $\tilde{\underline{h}}_M(n)$의 m번째 채널 탭이고,
$E_{avg}(n)$은 OFDM 심벌 구간 n에 대한 평균 채널 에너지이다.

[0047] 실시예에서, 임계치는 다음과 같이 평균 채널 에너지 및 임계 파라미터를 기초로 정의된다:

$$T_h(n) = P \cdot E_{avg}(n)$$

식(13) 여기서 P는 임계 파라미터이고 $T_h(n)$은 OFDM 심벌 구간 n에 대한 임계치이다. 임계 파라미터는 임계 상수, 스케일링 팩터 등으로 지칭될 수도 있다. 임계치는 또한 $T_h(n) = P_t \cdot E_{total}(n)$으로 정의될 수 있으며, 여기서 $E_{total}(n)$은 전체 채널 에너지이고 $P_t = P/M$는 교정된 임계 파라미터이다.

[0048] 일반적으로, 임계치 $T_h(n)$은 어떤 양(quantity)들의 함수일 수도 있다. 임계치는 예를 들어 식(13)에 나타낸 것과 같이 평균 채널 에너지 및 임계 파라미터의 함수일 수 있다. 대안으로 또는 추가로, 임계치는 잡음 에너지, 몇 개의 약한 채널 탭의 에너지, 가장 강한 채널 탭 에너지 등의 함수일 수도 있다.

[0049] 수신기는 필터링된 CIRE의 임계화를 다음과 같이 수행할 수 있다:

$$\hat{h}_m(n) = \begin{cases} \tilde{h}_m(n) & \text{if } |\tilde{h}_m(n)|^2 \geq T_h(n) \text{ ,} \\ 0 & \text{otherwise ,} \end{cases} \qquad m = 1, \ldots, M \text{ ,}$$

식(14)

여기서 $\hat{h}_m(n)$은 $\hat{\underline{h}}_M(n)$의 m번째 채널 탭이다. 식(14)에 나타낸 실시예에서, $\tilde{\underline{h}}_M(n)$의 M개의 채널 탭 각각에 대해 임계화가 개별적으로 수행된다. 각각의 필터링된 채널 탭 $\tilde{h}_m(n)$의 에너지가 계산되고 임계치 $T_h(n)$과 비교된다. 에너지가 임계치 $T_h(n)$을 만족하거나 초과하면 최종 채널 탭 $\hat{h}_m(n)$은 필터링된 채널 탭 $\tilde{h}_m(n)$으로 설정되고, 그렇지 않으면 0으로 설정된다.

[0050] 도 4는 예시적인 채널 임펄스 응답 추정치(400)에 대한 임계화를 설명한다. M개의 필터링된 채널 탭의 에너지는 탭 인덱스 1 내지 M에서 서로 다른 높이를 갖는 수직선으로 나타낸다. 임계치 $T_h(n)$은 점선(410)으로 나타낸다. 점선(410) 위의 에너지를 갖는 채널 탭들은 유지되고, 점선(410) 아래의 에너지를 갖는 약한 채널 탭들은 제로아웃된다. 도 4로부터 알 수 있듯이, 임계 파라미터를 증가시킴으로써 임계치 및 점선(410)을 올리면 더 많은 채널 탭이 제로아웃 될 수 있다. 반대로, 임계 파라미터를 감소시킴으로써 임계치 및 점선(410)을 낮추면 더 많은 채널 탭이 유지될 수 있다.

[0051] 도 4 및 상기 설명은 한 임계화 실시예에 관한 것이다. 임계화는 다른 방식으로 수행될 수도 있다. 예를 들어, 채널 탭은 가장 강한 것에서부터 가장 약한 것까지 정렬될 수 있다. 채널 탭들은 가장 약한 채널 탭에서 시작하여 전체 에너지의 일정 비율이 폐기될 때까지 한번에 하나씩 제로아웃될 수도 있고, 일정 비율 또는 개수의 채널 탭이 제로아웃되는 식이다. 비율은 임계 파라미터 P에 의해 결정될 수 있다.

[0052] 상술한 바와 같이, 임계화는 필터링된 CIRE의 채널 탭 $\tilde{h}_m(n)$에 대해 수행될 수 있다. 임계화는 필터링 없이 초기 CIRE의 채널 탭 $h'_m(n)$에 대해 수행될 수도 있다.

[0053] 수신기는 데이터 검출, 로그 우도비(LLR) 계산 등과 같은 다양한 목적으로 최종 CIRE $\hat{\underline{h}}_M(n)$을 사용할 수 있다. 예를 들어, 수신기는 M개의 채널 탭을 갖는 최종 CIRE $\hat{\underline{h}}_M(n)$을 기초로 모든 K개의 전체 부대역에 대한 최종 채널 주파수 응답 추정치 $\hat{\underline{H}}_K(n)$을 유도할 수 있다. 수신기는 최종 채널 주파수 응답 추정치 $\hat{\underline{H}}_K(n)$으로 $\underline{Y}_K(n)$에서 수신된 데이터 심벌들에 대한 등화 또는 정합 필터링을 수행하여 데이터 심벌 추정치 $\hat{\underline{X}}_K(n)$을 얻는다. 수신기는 또한 $\hat{\underline{H}}_K(n)$을 사용하여 데이터 심벌 추정치의 비트들에 대한 LLR을 계산할 수 있다.

[0054] 도 2 및 도 3에 나타낸 예시적인 OFDM 시스템에 대해 K = 1024, G = 136, U = 888, M = 128, P = 111, C = 108로 컴퓨터 시뮬레이션이 수행되었다. 2개의 채널 모델 및 3개의 코드 레이트 및 변조 방식 조합에 대응하는 6개의 서로 다른 동작 시나리오가 시뮬레이트되었다. 시뮬레이트된 각 동작 시나리오에서, 서로 다른 임계 파라미터 값에 대해 성능이 특징지워졌다. 시뮬레이션은 임계 파라미터가 채널 추정치 및 성능의 품질 모두에 큰 영향을 준다는 것을 지시한다. 표 1은 시뮬레이트된 6개의 동작 시나리오에 대한 최상의 성능을 제공하는 임계 파라미터 값을 제공한다.

표 1 - 최상의 성능을 갖는 임계 파라미터 값

코딩 및 변조	이중 클러스터 차량 VEHA (120 Kmph)	보행 B PEDB (120 Kmph)
QPSK, Rate 0.55	$P = 0.75$	$P = 1.00$
16-QAM, Rate 0.41	$P = 0.50$	$P = 0.75$
16-QAM, Rate 0.55	$P = 0.25$	$P = 0.50$

[0055] VEHA 및 PEDB는 공지되어 있는 2개의 채널 프로파일 모델이다. 채널 프로파일은 채널 임펄스 응답에 대한 통계 모델이고, 시간 영역에서 통신 채널이 어떻게 보이는지를 나타낸다. 채널 프로파일은 속도 및 환경에 좌우된다.

[0056] 표 1의 결과는 4개의 슬롯에서 12개의 OFDM 심벌에 걸쳐 전송된 데이터 블록에 대한 큰 데이터 블록 크기 및 터보 코딩으로 얻어진다. 데이터 블록은 패킷, 프레임 등으로 지칭될 수도 있다. 이중 클러스터 VEHA 모델에서, 제 1 클러스터는 0μs에서 시작하고, 제 2 클러스터는 10μs에서 시작하며, 두 클러스터 모두 동일 전력을 갖고, 송신 펄스는 풀 싱크(full sinc) 함수이다.

[0057] 코드 레이트 및 변조 방식의 각 조합은 목표 블록 에러율(BLER), 예를 들어 1% BLER을 달성하기 위해 특정 최소 SNR을 필요로 한다. 표 1에서, QPSK에 의한 레이트 055에 대해 필요한 SNR은 16-QAM에 의한 레이트 0.41에 대해 필요한 SNR보다 낮고, 이는 16-QAM에 의한 레이트 0.55에 대해 필요한 SNR보다 낮다. 소정 변조 방식에서, 더 높은 코드 레이트는 더 높은 필요 SNR에 대응한다. 소정 코드 레이트에서, 더 높은 차수의 변조 방식은 더 높은 필요 SNR에 대응한다. 표 1은 소정 채널 프로파일에 대해 더 높은 임계 파라미터 값이 더 낮은 SNR에서 더 양호한 성능을 제공할 수 있음을 나타낸다.

[0058] 표 1은 어떤 예시적인 동작 시나리오에 대한 결과를 제공한다. 일반적으로, 동작 시나리오는 채널 프로파일, 동작 SNR, 코딩 및 변조 방식, 다른 어떤 파라미터, 파라미터들 중 어느 하나, 또는 파라미터들의 임의의 조합에 의해 특징지워질 수 있다. 각종 동작 시나리오가 시뮬레이트되어 이들 동작 시나리오에 대한 최상의 성능을 제공하는 임계 파라미터 값을 결정할 수 있다. 서로 다른 시스템 파라미터, 채널 프로파일 모델, 및/또는 가정에 의해 서로 다른 결과가 얻어질 수 있다.

[0059] 임계 파라미터 P에 사용하기에 적절한 값이 다양한 방식으로 결정될 수 있다. 일 실시예에서, 각종 동작 시나리오에 대한 양호한 성능을 제공하는 임계 파라미터 값은 컴퓨터 시뮬레이션, 실험에 의한 측정 등에 의해 결정될 수도 있고, 룩업 테이블에 저장될 수 있다. 이후, 수신기에 대한 현재 동작 시나리오가 예를 들어 채널 프로파일, 코딩 및 변조 방식 및/또는 수신기에 적용 가능한 다른 파라미터들을 기초로 확인(ascertain)될 수 있다. 현재 동작 시나리오에 대응하는 임계 파라미터 값은 룩업 테이블로부터 검색되어 채널 추정에 사용된다.

[0060] 다른 실시예에서, 임계 파라미터 P는 예상 동작 SNR을 기초로 선택된다. 동작 SNR은 수신된 파일럿 심벌 및/또는 수신된 데이터 심벌을 기초로 추정될 수 있다. 일반적으로, 더 작은 임계 파라미터 값이 더 높은 SNR에 사용될 수 있고, 더 큰 파라미터 값이 더 낮은 SNR에 사용될 수 있다.

[0061] 또 다른 실시예에서, 임계 파라미터 P는 CIRE의 채널 탭 수를 기초로 선택된다. 채널 탭 수는 파일럿 전송에 사용되는 부대역 수, 수신기에서 채널 추정이 수행되는 방식, 및 가능하면 다른 팩터에 의해 결정될 수 있다.

[0062] 또 다른 실시예에서, 임계 파라미터 P는 고품질 채널 추정치를 기초로 선택된다. 수신기는 예를 들어 TDM 파일럿을 기초로, 또는 다른 어떤 수단에 의해 고품질 채널 추정치를 얻을 수 있다. 수신기에 대한 채널 프로파일은 고품질 채널 추정치를 기초로 확인될 수 있으며, 임계 파라미터 값은 채널 프로파일을 기초로 선택될 수 있다.

[0063] 실시예에서, 더 높은 품질의 채널 추정치가 바람직할 때마다 새로운 임계 파라미터 값이 선택된다. 예를 들어, 패킷이 잘못 디코딩되면 새로운 임계 파라미터 값이 선택될 수 있다. 새로운 임계 파라미터 값은 다음과 같이 얻어질 수 있다: $P_{new} = P_{old} + \Delta P$, 또는

$$P_{new} = P_{old} - \Delta P \quad \text{식(15)}$$

여기서 P_{old}는 이전/현재 임계 파라미터 값이고, P_{new}는 새로운 임계 파라미터 값이며, ΔP는 스텝 크기이며, 이것은 0.25 또는 다른 어떤 값으로 설정될 수 있다.

[0064] 새로운 임계 파라미터 값을 기초로 새로운 채널 추정치가 유도되어 패킷을 복구하는데 사용될 수 있다. 패킷이 새로운 채널 추정치로 여전히 잘못 디코딩된다면, 다른 임계 파라미터 값이 선택되어 다른 채널 추정치를 유도하는데 사용될 수 있으며, 이는 패킷을 복구하는데 사용될 수 있다. 일반적으로, 서로 다른 임계 파라미터 값으로 임의의 수의 채널 추정치가 유도될 수 있다. 본래의 임계 파라미터 값의 양쪽에서 교대로 새로운 임계 파라미터 값이 선택될 수 있다. 예를 들어, 새로운 임계 파라미터 값은 $P_{old} + \Delta P$로 설정된 다음 $P_{old} - \Delta P$로 설정되고, 그 다음 $P_{old} + 2\Delta P$로, 그 다음 $P_{old} - 2\Delta P$로 설정되는 식이다. 새로운 임계 파라미터 값은 패킷이 정

확히 디코딩되거나, 최대 개수의 값이 시도되거나 다른 어떤 종료 조건을 만날 때까지 선택되어 사용될 수 있다. 패킷이 정확하게 디코딩된다면, 디코딩에 성공하는 임계 파라미터 값이 이후의 패킷들에 사용될 수 있다. 새로운 임계 파라미터 값의 선택은 패킷 에러 외에 다른 이벤트에 의해 촉발될 수도 있다.

[0065] 도 5는 도 1에서 채널 추정기/프로세서(170)의 실시예의 블록도를 나타낸다. 채널 추정기/프로세서(170) 내에서, 파일럿 복조기(Demod; 512)는 수신된 파일럿 심벌에 대한 변조를 제거하고 또한 미사용 파일럿 부대역에 대해 제로 심벌을 제공한다. CIRE 프로세서(514)는 파일럿 복조기(512)의 출력을 기초로 현재 심벌 구간에 대한 초기 CIRE를 유도한다. CIRE 프로세서(514)는 식(6)에 나타낸 최소 제곱 기술, 식(7)에 나타낸 MMSE 기술, 식(8)에 나타낸 로버스트 MMSE 기술 또는 다른 어떤 기술을 기초로 초기 CIRE를 유도할 수 있다. 필터(516)는 식(9), (10), (11)에 나타낸 것과 같이 서로 다른 심벌 구간에 대한 초기 CIRE를 필터링하여 현재 심벌 구간에 대한 필터링된 CIRE를 제공한다.

[0066] 제어기(190)는 현재 동작 시나리오를 조사하고 현재 동작 시나리오에 적절한 임계 파라미터 값을 선택한다. 메모리(192)는 서로 다른 동작 시나리오에 대한 서로 다른 임계 파라미터 값의 룩업 테이블(LUT)을 저장할 수 있다. 임계치 계산 유닛(520)은 예를 들어 식(12) 및 (13)에 나타낸 것과 같이 필터링된 CIRE 및 임계 파라미터 값을 기초로 현재 심벌 구간에 대한 임계치 $T_h(n)$을 유도한다. 유닛(518)은 유닛(520)으로부터의 임계치를 기초로 필터링된 CIRE의 채널 탭에 대한 임계화를 수행하고 현재 심벌 구간에 대한 최종 CIRE를 제공한다. FFT 유닛(522)은 필요하다면 최종 CIRE를 기초로 채널 주파수 응답 추정치를 유도할 수 있다.

[0067] 도 6은 임계화에 의해 채널 추정을 수행하는 프로세스(600)의 실시예를 나타낸다. 파일럿 전송에 의한 심벌 주기마다 초기 CIRE이 유도된다(블록 612). 사용된 파일럿 부대역에 대한 수신 파일럿 심벌 및 제로아웃된 파일럿 부대역에 대한 제로 심벌을 기초로 초기 CIRE가 유도될 수 있다. 초기 CIRE은 최소 제곱, MMSE, 로버스트 MMSE, 제로 포싱 또는 다른 어떤 기술을 기초로 유도될 수도 있다. 현재, 이전 및/또는 미래 심벌 구간에 대한 초기 CIRE를 필터링함으로써 현재 심벌 구간에 대한 필터링된 CIRE이 유도된다(블록 614). 다수의 채널 탭을 갖는 제 1 CIRE는 현재 심벌 구간에 대한 초기 CIRE 또는 필터링된 CIRE로 설정될 수 있다(블록 616).

[0068] 적어도 하나의 기준을 기초로 임계 파라미터 값이 선택된다(블록 618). 예를 들어, 임계 파라미터 값은 채널 프로파일, 동작 SNR, 채널 탭 수 등을 기초로 선택될 수 있다. 제 1 CIRE 및 임계 파라미터 값을 기초로 임계치가 유도된다(블록(620)). 실시예에서, 제 1 CIRE에서 채널 탭들의 평균 에너지가 결정되고, 평균 에너지 및 임계 파라미터 값을 기초로 임계치가 유도된다. 임계치를 기초로 제 1 CIRE에서 채널 탭들 중 선택된 것들을 제로아웃함으로써 제 2 CIRE가 유도된다(블록(622)). 실시예에서, 임계치보다 적은 에너지를 갖는 채널 탭들은 제로아웃되어 제 2 CIRE를 얻는다. 제 2 CIRE는 채널 탭에 대해 다른 방식으로 임계화를 수행함으로써 유도될 수도 있다.

[0069] 개선된 채널 추정치가 바람직한지 여부가 결정된다(블록(624)). 패킷이 잘못 디코딩된다면 개선된 채널 추정치가 바람직할 수 있다. 블록(624)에서 응답이 '예'이고 블록(626)에서 종료 조건을 만나지 않는다면, 예를 들어 현재 임계 파라미터 값을 ΔP만큼 변화시킴으로써 새로운 임계 파라미터 값이 선택된다(블록(628)). 처리는 블록(620)으로 돌아가 (1) 새로운 임계 파라미터 값을 기초로 새로운 임계치를 결정하고 (2) 새로운 임계치를 기초로 제 1 CIRE의 채널 탭들 중 선택된 탭들을 제로아웃 함으로써 새로운 제 2 CIRE를 유도한다. 블록(620 내지 628)은 종료 조건을 만날 때까지 몇 회라도 수행될 수 있다. 블록 (624)에서 결정된 것과 같이 개선된 채널 추정치가 바람직하지 않다면, 또는 블록(626)에서 결정된 것과 같이 종료 조건에 직면하면 프로세스가 종료한다.

[0070] 당업자들은 정보 및 신호가 다양한 다른 기술 및 기법 중 어느 것을 이용하여 표현될 수도 있는 것으로 이해한다. 예를 들어, 상기 설명 전반에 걸쳐 언급될 수 있는 데이터, 명령, 지시, 정보, 신호, 비트, 심벌 및 칩은 전압, 전류, 전자파, 자계 또는 입자, 광계 또는 입자, 또는 이들의 임의의 조합으로 표현될 수 있다.

[0071] 당업자들은 또한 본원에 개시된 실시예들과 관련하여 설명된 각종 예시적인 논리 블록, 모듈, 회로 및 알고리즘 단계는 전자 하드웨어, 컴퓨터 소프트웨어 또는 이들의 조합으로서 구현될 수 있는 것으로 인식한다. 이러한 하드웨어 및 소프트웨어의 호환성을 명확히 설명하기 위해, 각종 예시적인 컴포넌트, 블록, 모듈, 회로 및 단계는 일반적으로 이들의 기능성과 관련하여 설명되었다. 이러한 기능성이 하드웨어로 구현되는지 소프트웨어로 구현되는지는 전체 시스템에 부과된 특정 애플리케이션 및 설계 제약에 좌우된다. 당업자들은 설명한 기능성을 특정 애플리케이션마다 다른 방식으로 구현할 수도 있지만, 이러한 구현 결정은 본 발명의 범위를 벗어나는 것으로 해석되어서는 안 된다.

[0072] 여기서 설명한 실시예들과 관련하여 설명한 각종 예시적인 논리 블록, 모듈 및 회로는 여기서 설명한 기능들을 수행하도록 설계된 범용 프로세서, 디지털 신호 프로세서(DSP), 주문형 집적 회로(ASIC), 현장 프로그래밍 가능 게이트 어레이(FPGA) 또는 다른 프로그래밍 가능 논리 디바이스, 이산 게이트나 트랜지스터 로직, 이산 하드웨어 컴포넌트, 또는 이들의 임의의 조합으로 구현 또는 수행될 수 있다. 범용 프로세서는 마이크로프로세서일 수 있지만, 대안으로 프로세서는 임의의 종래 프로세서, 제어기, 마이크로컨트롤러 또는 상태 머신일 수 있다. 프로세서는 또한 연산 장치들의 조합, 예를 들어 DSP와 마이크로프로세서의 조합, 다수의 마이크로프로세서, DSP 코어와 결합한 하나 이상의 마이크로프로세서, 또는 임의의 다른 구성으로서 구현될 수도 있다.

[0073] 여기서 설명한 실시예들과 관련하여 설명한 방법 또는 알고리즘의 단계들은 하드웨어에 직접, 프로세서에 의해 실행되는 소프트웨어 모듈에, 또는 이 둘의 조합에 구현될 수 있다. 소프트웨어 모듈은 RAM 메모리, 플래시 메모리, ROM 메모리, EPROM 메모리, EEPROM 메모리, 레지스터, 하드디스크, 제거 가능한 디스크, CD-ROM, 또는 공지된 임의의 다른 형태의 저장 매체에 상주할 수 있다. 예시적인 저장 매체는 프로세서가 저장 매체로부터 정보를 읽고 저장 매체에 정보를 기록할 수 있도록 프로세서에 연결된다. 대안으로, 저장 매체는 프로세서에 통합될 수도 있다. 프로세서 및 저장 매체는 ASIC에 상주할 수도 있다. ASIC은 사용자 단말에 상주할 수도 있다. 대안으로, 프로세서 및 저장 매체는 사용자 단말의 이산 컴포넌트로서 상주할 수도 있다.

[0074] 개시된 실시예들의 상기 설명은 어떠한 당업자라도 본 발명을 제조 또는 사용할 수 있도록 제공된다. 이들 실시예에 대한 다양한 변형이 당업자들에게 쉽게 명백하며, 본원에 정의된 일반 원리는 본 발명의 진의나 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예들에 적용될 수 있다. 따라서 본 발명은 본원에 나타낸 실시예들로 한정되는 것이 아니라 본원에 개시된 원리 및 신규 특징에 부합하는 가장 넓은 범위에 따르는 것이다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 송신기 및 수신기의 블록도를 나타낸다.

[0011] 도 2는 예시적인 멀티티어(multi-tier) 프레임 구조를 나타낸다.

[0012] 도 3은 예시적인 부대역 구조를 나타낸다.

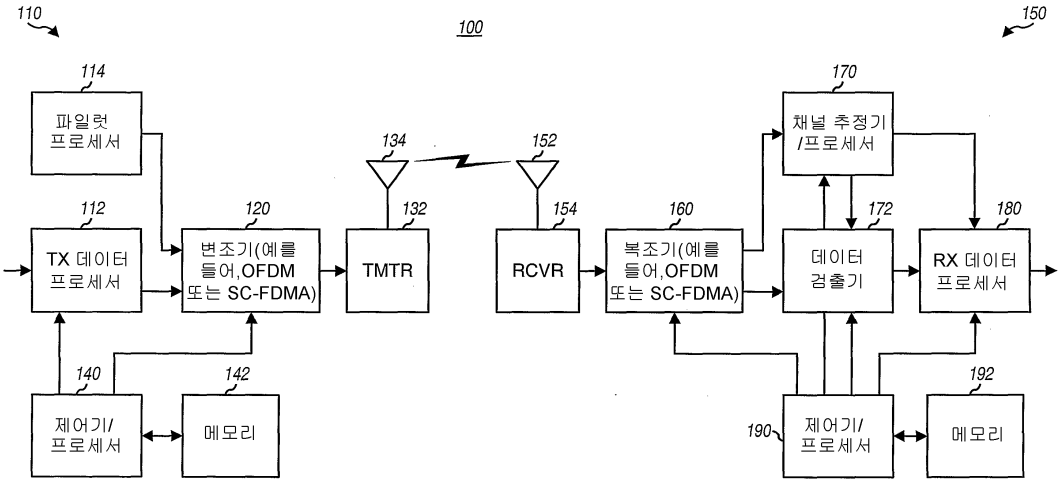
[0013] 도 4는 채널 임펄스 응답 추정치에 대한 임계화를 설명한다.

[0014] 도 5는 수신기에서 채널 추정기/프로세서의 블록도를 나타낸다.

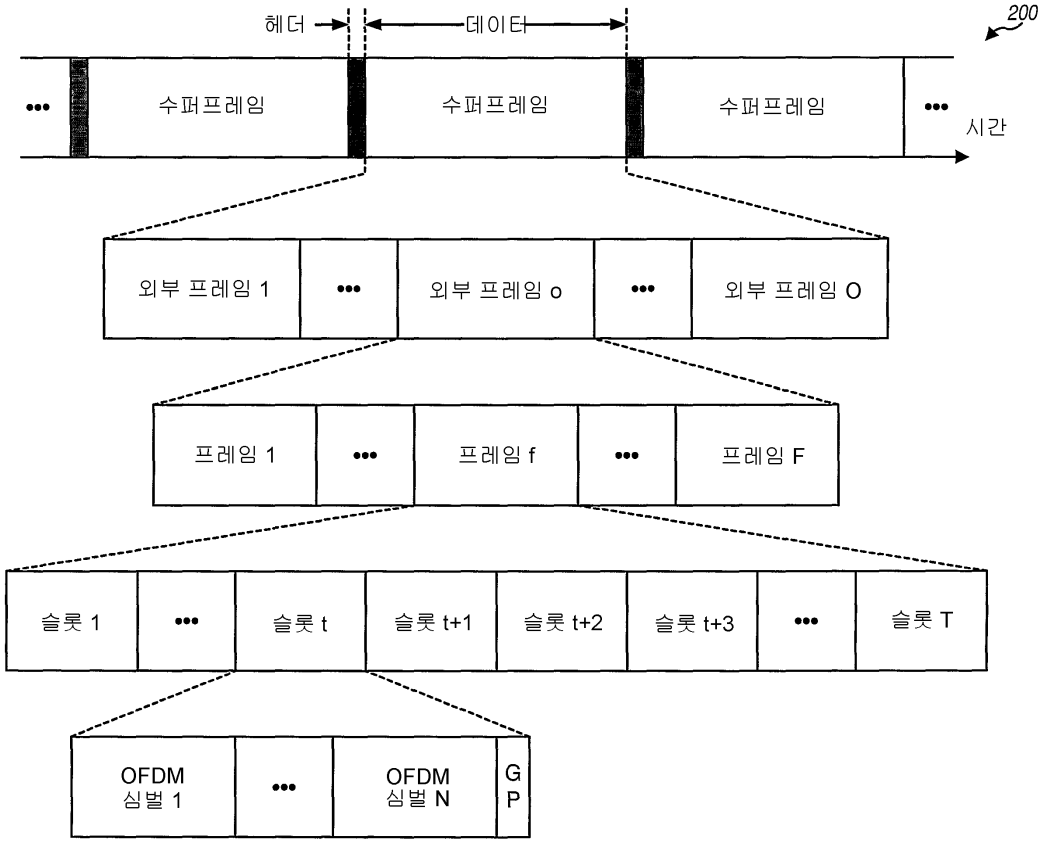
[0015] 도 6은 임계화에 의해 채널 추정을 수행하는 프로세스를 나타낸다.

도면

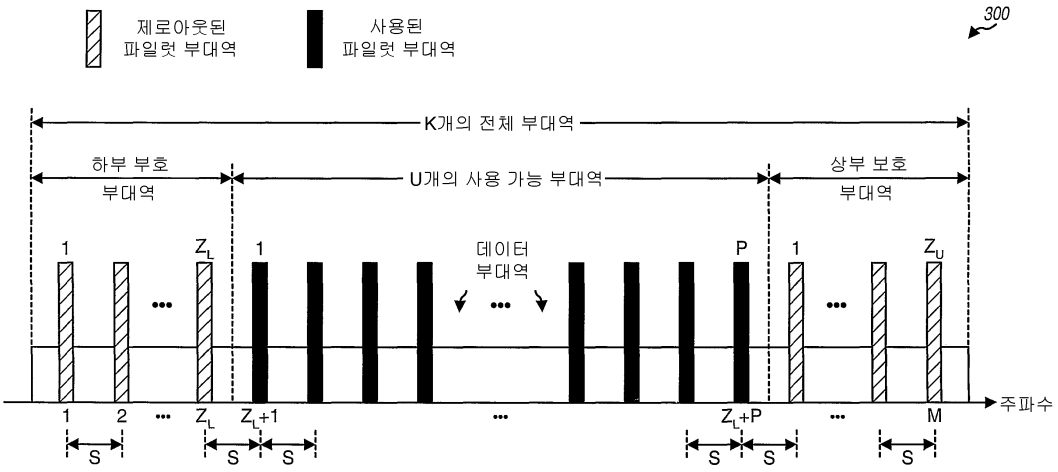
도면1



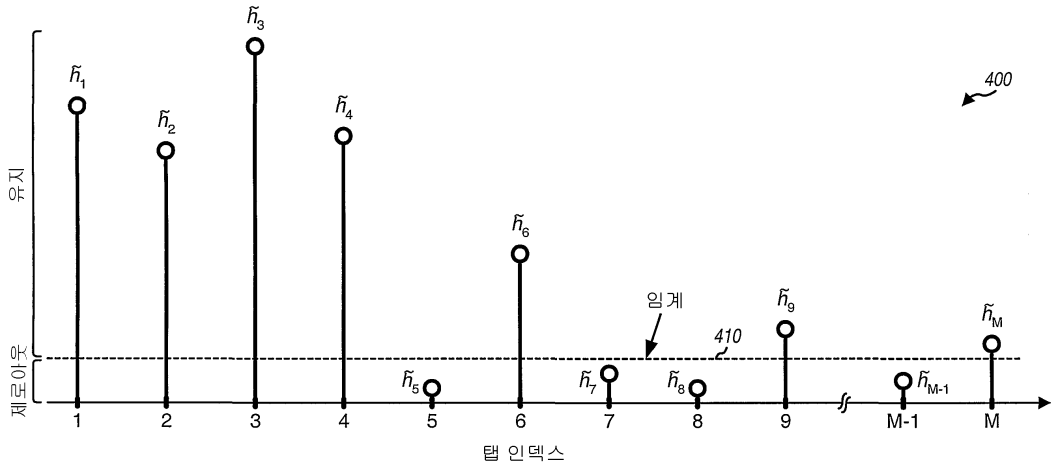
도면2


헤더
데이터
200
수퍼프레임
수퍼프레임
수퍼프레임
시간
외부 프레임 1
외부 프레임 o
외부 프레임 O
프레임 1
프레임 f
프레임 F
슬롯 1
슬롯 t
슬롯 t+1
슬롯 t+2
슬롯 t+3
슬롯 T
OFDM 심벌 1
OFDM 심벌 N
G P

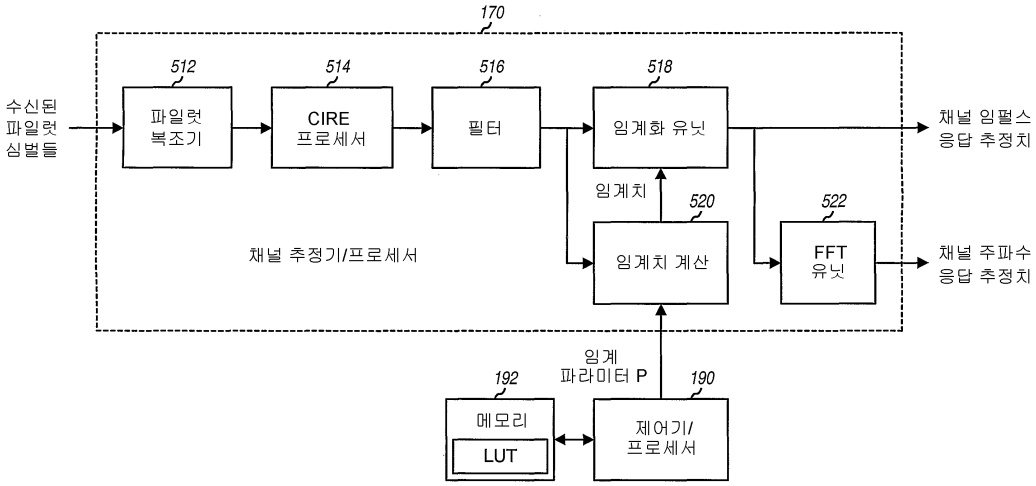
도면3


제로아웃된 파일럿 부대역
사용된 파일럿 부대역
300
K개의 전체 부대역
하부 부호 부대역
U개의 사용 가능 부대역
상부 보호 부대역
데이터 부대역
주파수
S

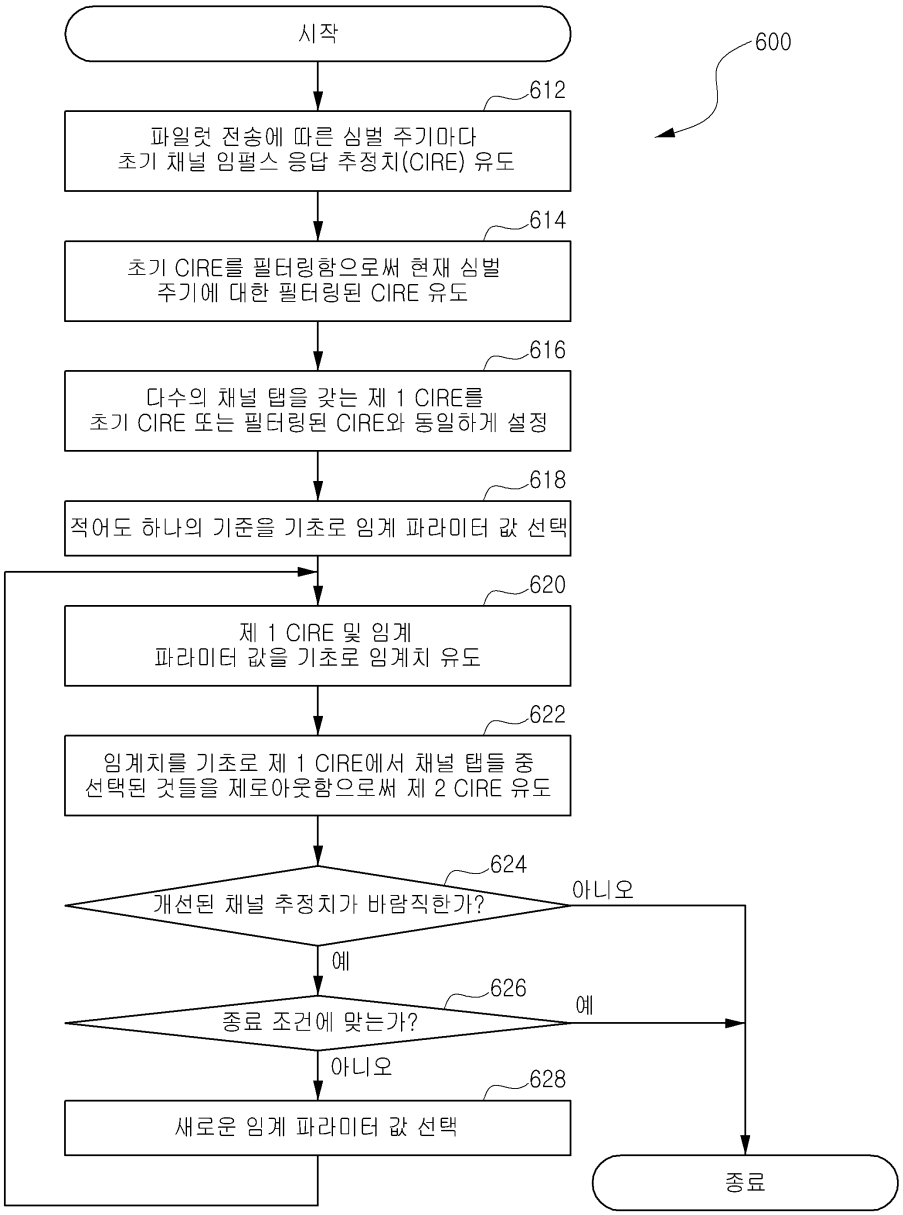
도면4


400
유지
제로아웃
임계
410
탭 인덱스
1
2
3
4
5
6
7
8
9
M-1
M

도면5


170
512
514
516
518
수신된
파일럿
심벌들
파일럿
복조기
CIRE
프로세서
필터
임계화 유닛
채널 임펄스
응답 추정치
임계치
520
522
채널 추정기/프로세서
임계치 계산
FFT
유닛
채널 주파수
응답 추정치
임계
파라미터 P
192
190
메모리
LUT
제어기/
프로세서

도면6


시작
600
612
파일럿 전송에 따른 심벌 주기마다
초기 채널 임펄스 응답 추정치(CIRE) 유도
614
초기 CIRE를 필터링함으로써 현재 심벌
주기에 대한 필터링된 CIRE 유도
616
다수의 채널 탭을 갖는 제 1 CIRE를
초기 CIRE 또는 필터링된 CIRE와 동일하게 설정
618
적어도 하나의 기준을 기초로 임계 파라미터 값 선택
620
제 1 CIRE 및 임계
파라미터 값을 기초로 임계치 유도
622
임계치를 기초로 제 1 CIRE에서 채널 탭들 중
선택된 것들을 제로아웃함으로써 제 2 CIRE 유도
624
개선된 채널 추정치가 바람직한가?
아니오
예
626
종료 조건에 맞는가?
예
아니오
628
새로운 임계 파라미터 값 선택
종료