



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년04월08일
(11) 등록번호 10-0951336
(24) 등록일자 2010년03월30일

(51) Int. Cl.
H04L 27/26 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7010181(분할)
(22) 출원일자 2002년11월20일
심사청구일자 2009년05월18일
(85) 번역문제출일자 2009년05월18일
(65) 공개번호 10-2009-0055654
(43) 공개일자 2009년06월02일
(62) 원출원 특허 10-2004-7007662
원출원일자 2002년11월20일
심사청구일자 2007년11월20일
(86) 국제출원번호 PCT/US2002/037335
(87) 국제공개번호 WO 2003/047197
국제공개일자 2003년06월05일
(30) 우선권주장
09/991,039 2001년11월21일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US5914933 A
US6175550 B1
EP0703685 A2

(73) 특허권자
켈컴 인코퍼레이티드
미국 92121-1714 캘리포니아주 샌 디에고 모어하
우스 드라이브 5775
(72) 발명자
젤러리 아매드
미국 92130 캘리포니아주 샌디에고 윌로우메리 레
인 5624
페르난데스 코르바톤 이반 지저스
미국 92109 캘리포니아주 샌디에고 펠스파 스트리
트 1134 넘버2
(74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 9 항

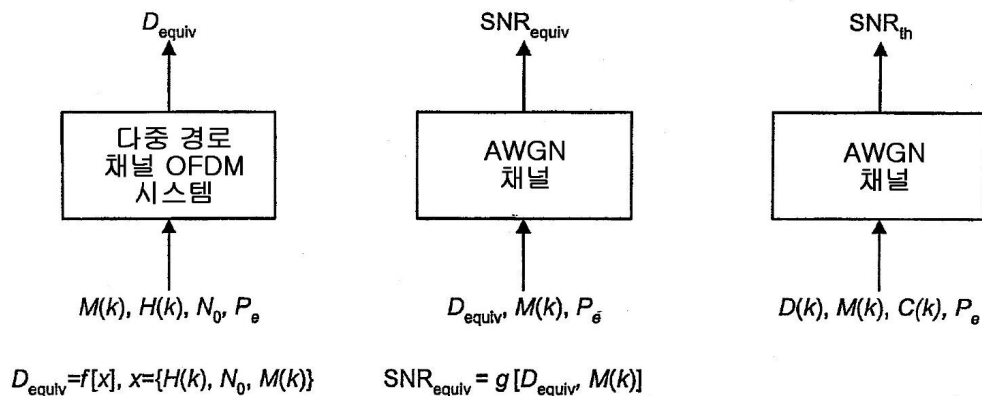
심사관 : 박부식

(54) OFDM 시스템을 위한 레이트 선택

(57) 요약

본 발명은, OFDM 송신에 의해 소정의 다중경로 (비-플랫) 채널을 통하여 신뢰성있게 송신될 수도 있는 최대 데이
터 레이트를 증가 (플랫) 채널에 대한 메트릭에 기초하여 결정한다. 소정의 다중경로 채널 및 특정한 레이트
(특정한 데이터 레이트, 변조 방식, 및 코딩 레이트를 나타낼 수도 있음) 에 대하여, 처음에, 증가 데이터 레이
트 및 특정한 변조 방식으로부터 그 메트릭을 유도한다. 그 후, 특정한 변조 방식 및 코딩 레이트를 이용하
여 특정한 데이터 레이트를 신뢰성있게 송신하는데 요구되는 임계 SNR 을 결정한다. 만약 그 메트릭이 임계
SNR 보다 크거나 같으면, 특정한 레이트는 다중경로 채널에 의해 지원되는 것으로 간주한다. 결정된 데이터
레이트에서의 에러를 설명하기 위하여 점진적인 송신을 이용한다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

직교 주파수 분할 멀티플렉스 (OFDM) 시스템에서 통신 채널을 통하여 데이터를 송신하는 방법으로서,
 상기 통신 채널을 통한 데이터 송신용으로 이용될 초기 데이터 레이트를 선택하는 단계;
 상기 초기 데이터 레이트에 기초하여, 상기 통신 채널을 통한 송신용의 데이터를 프로세싱하는 단계;
 상기 프로세싱된 데이터의 제 1 부분을 송신하는 단계;
 상기 제 1 부분의 송신의 부정확한 수신에 표시를 수신하는 단계; 및
 상기 프로세싱된 데이터의 추가적인 부분을 송신하는 단계를 포함하고,
 상기 부정확한 수신에 표시의 수신에 응답하여 송신되는 각각의 추가적인 부분은 이전에 송신되지 않은 프로세싱 데이터를 포함하는, 데이터 송신 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 초기 데이터 레이트는 소망되는 채널에 대하여 추정된 신호대 잡음 및 간섭비 (SNIR) 에 기초하여 결정되는, 데이터 송신 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
 상기 초기 데이터 레이트는 상기 데이터 송신용으로 이용되는 특정한 데이터 레이트, 특정한 변조 방식, 및 특정한 코딩 방식을 나타내는, 데이터 송신 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,
 상기 프로세싱하는 단계는,
 상기 특정한 코딩 방식에 따라서 상기 데이터를 코딩하는 단계;
 특정한 평처링 방식에 따라서 코딩된 데이터를 평처링하는 단계; 및
 상기 특정한 변조 방식에 따라서 평처링되지 않은 코딩된 데이터를 변조하는 단계를 포함하는, 데이터 송신 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,
 상기 제 1 부분은 상기 평처링되지 않은 코딩된 데이터를 포함하며,
 상기 추가적인 부분은 이전에 평처링되었지만 아직 송신되지 않은 코딩된 데이터를 포함하는, 데이터 송신 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
 상기 제 1 부분의 송신의 정확한 수신에 표시가 수신될 때까지 상기 추가적인 부분의 송신을 1 회 이상 반복하는 단계를 더 포함하는, 데이터 송신 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

통신 채널을 통한 데이터 송신용으로 이용될 초기 데이터 레이트를 선택하고, 상기 데이터 송신의 정확하거나 부정확한 수신에 표시를 수신하도록 동작하는 제어기로서, 상기 초기 데이터 레이트가 상기 데이터 송신용으로 이용되는 특정한 데이터 레이트, 특정한 변조 방식, 및 특정한 코딩 방식을 나타내는, 상기 제어기;

상기 특정한 코딩 방식에 따라서 데이터를 코딩하도록 동작하는 송신 데이터 프로세서;

상기 특정한 변조 방식에 따라서 코딩된 데이터의 제 1 부분을 변조하고, 상기 제 1 부분의 송신의 부정확한 수신에 표시가 수신되면, 상기 코딩된 데이터의 추가적인 부분을 더 변조하도록 동작하는 변조기; 및

상기 변조된 데이터를 송신하도록 동작하는 송신기를 구비하고,

상기 부정확한 수신에 표시의 수신에 응답하여 송신되는 각각의 추가적인 부분은 이전에 송신되지 않은 변조된 데이터를 포함하는, 직교 주파수 분할 멀티플렉스 (OFDM) 시스템에서의 송신기 유닛.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 송신 데이터 프로세서는 또한, 특정한 펄스형 방식에 따라서 상기 코딩된 데이터를 펄스형하도록 동작하며,

상기 제 1 부분은 펄스형되지 않은 코딩된 데이터를 포함하고,

상기 추가적인 부분은 이전에 펄스형되었지만 아직 송신되지 않은 코딩된 데이터를 포함하는, 직교 주파수 분할 멀티플렉스 (OFDM) 시스템에서의 송신기 유닛.

청구항 10

통신 채널을 통한 데이터 송신용으로 이용될 초기 데이터 레이트를 선택하는 수단으로서, 상기 초기 데이터 레이트가 상기 데이터 송신용으로 이용되는 특정한 데이터 레이트, 특정한 변조 방식, 및 특정한 코딩 방식을 나타내는, 선택하는 수단;

상기 특정한 코딩 방식에 따라서 데이터를 코딩하는 수단;

상기 특정한 변조 방식에 따라서 코딩된 데이터의 제 1 부분을 변조하는 수단;

수신기에서의 상기 제 1 부분의 송신의 정확하거나 부정확한 수신에 표시를 수신하는 수단;

상기 제 1 부분의 송신의 부정확한 수신에 표시가 수신되면, 상기 코딩된 데이터의 추가적인 부분을 변조하는 수단; 및

상기 변조된 코딩된 데이터의 추가적인 부분을 송신하는 수단을 구비하고,

상기 부정확한 수신에 표시의 수신에 응답하여 송신되는 각각의 추가적인 부분은 이전에 송신되지 않은 변조된 데이터를 포함하는, 무선 통신 시스템에서의 송신기 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 데이터 통신에 관한 것으로, 좀더 자세하게는, 무선 (예를 들어, OFDM) 통신 시스템을 위한 레이트를 선택하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 무선 통신 시스템은 음성, 데이터 등과 같은 다양한 타입의 통신을 제공하기 위하여 광범위하게 이용되고 있다. 이들 시스템은 어떤 채널 환경에 높은 성능을 제공할 수 있는 직교 주파수 분할 멀티플렉스 (OFDM) 변조를

구현할 수도 있다. OFDM 시스템에서, 시스템 대역폭은 다수의 (N_F 개의) 서브채널 (subchannels; 이를 서브-밴드 (sub-bands) 또는 주파수 빈 (frequency bins) 이라고도 함) 로 효과적으로 분할된다. 각각의 주파수 서브채널은 데이터가 변조될 수도 있는 각각의 서브캐리어 (subcarrier; 또는 주파수 톤) 와 관련된다. 통상적으로, 송신될 데이터 (즉, 정보 비트) 는 특정한 코딩 방식으로 인코딩되어 코딩된 비트를 생성하고, 또한, 그 코딩된 비트는 특정한 변조 방식 (예를 들어, M-PSK 또는 M-QAM) 에 따라 변조 심볼로 매핑되는 다중-비트 심볼로 더 그룹화될 수도 있다. 각각의 주파수 서브채널의 대역폭에 의존할 수도 있는 각각의 시간 간격에서, 변조 심볼은 N_F 개의 주파수 서브채널들 각각을 통하여 송신될 수도 있다.

[0003] OFDM 시스템의 주파수 서브채널들은 서로 다른 채널 상태 (예를 들어, 서로 다른 페이딩 및 다중경로 효과) 를 경험할 수도 있고, 서로 다른 신호대 잡음 및 간섭비 (SNR) 를 획득할 수도 있다. 각각의 송신된 변조 심볼은 심볼이 송신되는 특정한 주파수 서브채널에서 통신 채널의 주파수 응답에 의해 영향을 받는다. 통신 채널의 다중경로 프로파일에 의존하여, 주파수 응답은 시스템 대역폭 전반에 걸쳐서 크게 변할 수도 있다. 따라서, 특정한 데이터 패킷을 일괄적으로 형성하는 변조 심볼들은 N_F 개의 주파수 서브채널을 통하여 넓은 범위의 SNR 을 가지고 개별적으로 수신될 수도 있으며, 그 후, 그 SNR 은 전체 패킷에 걸쳐서 대응적으로 변한다.

[0004] 플랫 (flat) 하거나 일정하지 않은 주파수 응답을 갖는 다중경로 채널의 경우, 각각의 주파수 서브채널을 통하여 신뢰성있게 송신될 수도 있는 변조 심볼 당 정보 비트의 수 (즉, 데이터 레이트 또는 정보 레이트) 는 서브채널 마다 상이할 수도 있다. 또한, 통상적으로, 채널 상태는 시간에 따라 변한다. 따라서, 주파수 서브채널용으로 지원되는 데이터 레이트도 시간에 따라 변한다.

[0005] 통상적으로, 소정의 수신기에 의해 경험되는 채널 상태는 사전 (a priori) 에 알려지지 않으므로, 모든 수신기들에게 동일한 송신 전력 및/또는 데이터 레이트로 데이터를 송신하는 것은 비실용적이다. 이들 송신 파라미터들을 고정하는 것은 송신 전력의 낭비, 일부 수신기에 대한 준-최적 데이터 레이트의 이용, 및 일부 수신기들에 대한 신뢰할 수 없는 통신을 발생시키며, 이들 모두는 시스템 용량의 바람직하지 않은 감소를 야기한다. 상이한 수신기에 대한 통신 채널의 상이한 송신 능력 및 이들 채널의 시변 특성 및 다중경로 특성은 OFDM 시스템에서의 송신용 데이터를 효율적으로 코딩하고 변조하는 것을 어렵게 한다.

[0006] 따라서, 당업계에는, 상술한 채널 특성을 갖는 무선 (예를 들어, OFDM) 통신 시스템에 데이터 송신을 위한 적절한 레이트를 선택하는 기술이 요구된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0007] 본 발명의 양태들은 무선 (예를 들어, OFDM) 통신 시스템에서 데이터 송신을 위한 레이트를 결정하고 선택하는 기술을 제공한다. 이들 기술은 다중경로 (비-플랫 (non-flat)) 채널 또는 플랫 채널로 동작하는 OFDM 시스템에 대한 향상된 시스템 성능을 제공하는데 이용될 수도 있다.

과제 해결수단

[0008] 일 양태에서는, OFDM 시스템에 의한 소정의 다중경로 채널을 통하여 신뢰성있게 송신될 수도 있는 최대 데이터 레이트를 등가 주파수 플랫 채널 (예를 들어, 플랫 주파수 응답을 갖는 채널) 에 대한 메트릭에 기초하여 결정한다. 특정한 주파수 응답 및 특정한 잡음 분산에 의해 정의되는 소정의 다중경로 채널의 경우, OFDM 시스템은 특정한 변조 방식 $M(r)$ 을 이용하여 특정한 등가 데이터 레이트 D_{equiv} 를 획득할 수도 있다. 등가 데이터 레이트 D_{equiv} 는 특정한 채널 용량 함수 (예를 들어, 제한된 채널 용량 함수 또는 기타 다른 함수) 에 기초하여 추정될 수도 있다. 그 후, 변조 방식 $M(r)$ 을 이용하여 등가 데이터 레이트 D_{equiv} 로 신뢰성있게 송신하기 위하여 등가 주파수 플랫 채널에 의해 요구되는 SNR 의 추정치인 메트릭은 $M(r)$ 을 이용한 D_{equiv} 및 특정한 함수 $g(D_{equiv}, M(r))$ 에 기초하여 결정한다. 그 후, 변조 방식 $M(r)$ 을 이용한 특정한 데이터 레이트 $D(r)$ 및 코딩 레이트 $C(r)$ 을 신뢰성있게 송신하기 위하여, 등가 채널에 요구되는 임계 SNR 을 결정한다. 그 후, 만약 메트릭이 임계 SNR 보다 크거나 같으면, 데이터 레이트 $D(r)$ 은 다중경로 채널에 의해 지원되는 것으로서 간주한다.

[0009] 다른 양태에서, 점진적인 송신 (incremental transmission; IT) 방식이 제공되는데, 이것은 백-오프 (back-

off)의 양을 감소시키고 시스템 스루풋을 향상시키기 위하여 제 1 양태의 레이트 선택과 함께 이용되는 것이 바람직할 수도 있다. IT 방식은 한번에 하나의 송신 및 특정한 한계까지의 하나 이상의 별도의 송신을 이용하여 소정의 데이터 패킷을 송신한다. 패킷에 대한 제 1 송신은, 예상된 채널 상태에 기초하여 그 패킷이 수신기에서 에러없이 복원될 수 있도록 충분한 데이터량을 포함한다. 그러나, 제 1 송신이 통신 채널에 의해 과도하게 손상되어 패킷의 에러없는 복원을 달성하지 못할 경우에, 패킷용의 추가적인 데이터량에 대한 점진적인 송신을 수행한다. 그 후, 수신기는 점진적인 송신에서의 추가적인 데이터, 및 패킷용으로 이전에 수신된 모드 데이터에 기초하여 패킷의 복원을 시도한다. 송신기에 의한 점진적인 송신 및 수신기에 의한 디코딩은, 패킷이 에러없이 복원되거나 점진적인 송신의 최대 횟수에 이를 때까지 여러번 시도될 수도 있다.

[0010] 이하, 본 발명의 다양한 양태들 및 실시형태들을 더 상세히 설명한다. 또한, 이하, 더 상세히 설명되는 바와 같이, 본 발명은 다양한 양태들, 실시형태들, 및 본 발명의 특징을 구현하는 방법, 수신기 유닛, 송신기 유닛, 수신기 시스템, 송신기 시스템, 시스템, 및 다른 장치 및 엘리먼트를 제공한다.

효 과

[0011] 점진적인 송신은 다수의 이점들을 제공한다. 첫째, 점진적인 송신의 이용은 시스템 스루풋을 증가시키기 위하여 적극적인 데이터 레이트의 선택을 허용한다. 둘째, 점진적인 송신은 어떠한 레이트 예측 방식에서 필연적으로 발생하는 예측 에러를 (이용되는 백-오프의 양에 의존하는 예측 에러의 주파수 및 크기와 함께) 보정하는 수단을 제공한다. 셋째, 점진적인 송신은 고정되거나 천천히 변하는 채널을 위하여 지원되는 최대 데이터 레이트를 더 정확하게 결정하는 메커니즘을 제공한다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0012] 데이터 송신을 위한 레이트를 결정하고 선택하기 위하여 여기서 설명되는 기술은, 예를 들어, 다중-입력 다중-출력 (MIMO) 시스템과 같이, 하나 이상의 독립적인 송신 채널을 포함하는 다양한 무선 통신 시스템용으로 이용될 수도 있다. 명료화를 위하여, 독립적인 송신 채널들이 전체 시스템 대역폭을 분할하여 형성된 주파수 서브채널 또는 주파수 빈 (bins)인 주파수 분할 멀티플렉스 (OFDM) 시스템에 대하여 본 발명의 다양한 양태들 및 실시형태들을 설명한다.

[0013] 도 1a는 OFDM 시스템의 간략화 모델에 대한 도면이다. 송신기 (110)에서는, 하나 이상의 코딩 방식에 따라 코딩하고 그 코딩된 데이터를 하나 이상의 변조 방식에 따라 더 변조하는 인코더/변조기 (114)에 데이터 소스 (112)로부터의 트래픽 데이터를 특정한 데이터 레이트로 제공한다. 다중-비트 심볼을 형성하기 위하여 그 코딩된 비트의 세트를 그룹화하고, 심볼의 송신용으로 이용되는 각각의 주파수 서브채널을 위하여 선택되는 특정한 변조 방식 (예를 들어, QPSK, M-PSK 또는 M-QAM)에 대응하는 신호 콘스텔레이션 (constellation)의 한 포인트에 각각의 다중-비트 심볼을 매핑함으로써 변조가 달성된다. 각각의 매핑된 신호 포인트는 변조 심볼에 대응한다.

[0014] 일 실시형태에서, 데이터 레이트는 데이터 레이트 제어에 의해 결정되고, 코딩 방식(들)은 코딩 제어에 의해 결정되고, 변조 방식(들)은 변조 제어에 의해 결정되며, 이들 모두는 수신기 (150)으로부터 수신되는 피드백 정보에 따라 제어기 (130)에 의해 제공된다.

[0015] 또한, 채널 추정, 신호획득 (acquisition), 주파수 및 타이밍 동기, 코히런트 데이터 복조 등과 같은 다수의 기능들의 수행을 원조하기 위하여 파일럿이 수신기로 송신될 수도 있다. 이 경우, 파일럿 데이터는, 그 파일럿 데이터를 트래픽 데이터와 함께 멀티플렉싱하고 프로세싱하는 인코더/변조기 (114)에 제공된다.

[0016] OFDM의 경우, 변조된 데이터 (즉, 변조 심볼)는 인버스 고속 푸리에 변환기 (IFFT; 116)에 의해 시간 도메인에서 변환되어 OFDM 심볼을 제공하는데, 각각의 OFDM 심볼은 송신 심볼 주기에 N_f 개의 주파수 서브채널을 통해 송신될 N_f 개의 변조 심볼 벡터의 시간 표현에 대응한다. 단일 캐리어 "시간-코딩형" 시스템과는 대조적으로, OFDM 시스템은 트래픽 데이터를 표현하는 변조 심볼의 IFFT를 시간 도메인에서 송신함으로써, 변조 심볼을 "주파수 도메인"에 효율적으로 송신한다. OFDM 심볼은 더 프로세싱되어 (간략화를 위하여 도 1a에는 도시하지 않음), 무선 통신 채널을 통하여 수신기로 송신되는 변조 심볼을 생성한다. 도 1a에 도시된 바와 같이, 통신 채널은 주파수 응답 $H(f)$ 를 가지며, $n(t)$ 의 부가적 백색 가우시안 잡음 (AWGN)으로 변조 신호를 더 손상시킨다.

[0017] 수신기 (150)에서는, 송신된 변조 신호가 수신, 컨디셔닝 (condition), 및 디지털화되어 데이터 샘플을 제공한다

다. 그 후, 고속 푸리에 변환기 (FFT; 160) 은 데이터 샘플을 수신하여 주파수 도메인으로 변환하고, 복원된 OFDM 심볼은 복조기/디코더 (162) 및 채널 추정기 (164) 에 제공된다. 복조기/디코더 (162) 는 복원된 OFDM 심볼을 프로세싱 (예를 들어, 복조 및 디코딩) 하여 디코딩된 데이터를 제공하며, 각각의 수신 패킷의 상태를 더 제공할 수도 있다. 채널 추정기 (164) 는 복원된 OFDM 심볼을 프로세싱하여, 채널 주파수 응답, 채널 잡음 분산, 수신 심볼의 신호대 잡음 및 간섭 비 (SNR) 등과 같은, 통신 채널의 하나 이상의 특성 추정치를 제공한다.

[0018] 레이트 선택기 (166) 은 채널 추정기 (164) 로부터 그 추정치를 수신하고, 데이터 송신용으로 이용가능한 모든 주파수 서브채널 또는 그 주파수 서브채널의 서브세트 (subset) 용으로 이용될 수도 있는 적절한 "레이트" 를 결정한다. 그 레이트는 파라미터 세트에 대한 특정한 값의 세트를 나타낸다. 예를 들어, 그 레이트는 데이터 송신, 특정한 코딩 방식 및/또는 코딩 레이트, 특정한 변조 방식 등을 위해 이용될 특정한 데이터 레이트를 나타낼 (또는 그 데이터 레이트와 관련될) 수도 있다.

[0019] 제어기 (170) 은 레이트 선택기 (166) 으로부터의 레이트 및 복조기/디코더 (162) 로부터의 패킷 상태를 수신하여, 송신기 (110) 로 되송신될 적절한 피드백 정보를 제공한다. 이 피드백 정보는 레이트, 채널 추정기 (164) 에 의해 제공된 채널 추정치, 각각의 수신 패킷에 대한 확인응답 (ACK) 또는 부정 확인응답 (NACK), 일부 기타 정보, 또는 이들의 어떤 조합을 포함할 수도 있다. 통신 채널에 의해 지원될 수도 있는 레이트 및 전력의 가장 양호하게 알려진 세팅으로 데이터 송신이 수행되도록 데이터 프로세싱을 송신기에서 조정함으로써, 시스템 효율을 증대시키는데 피드백 정보를 이용한다. 그 후, 피드백 정보는 송신기 (110) 으로 되송신되어, 수신기 (150) 으로의 데이터 송신 프로세싱 (예를 들어, 데이터 레이트, 코딩 및 변조) 을 조정하는데 이용된다.

[0020] 도 1a 에 도시되어 있는 실시형태에서, 수신기 (150) 에 의해 레이트 선택이 수행되고, 선택된 레이트는 송신기 (110) 으로 제공된다. 다른 실시형태에서, 레이트 선택은 수신기에 의해 제공되는 피드백 정보에 따라 송신기에 의해 수행될 수도 있거나, 송신기 및 수신기 모두에 의해 공동으로 수행될 수도 있다.

[0021] 적절한 상태에 따라, FFT (160) 의 출력에서 복원된 OFDM 심볼은,

수학식 1

$$\hat{Y}(k) = Y(k)H(k) + N(k)$$

[0022] 으로 표현될 수도 있다.

[0023] 여기서, k 는 OFDM 시스템의 주파수 서브채널에 대한 인덱스, 즉, $k = 0, 1, \dots, N_F - 1$ 이며, 여기서, N_F 은 주파수 서브채널의 갯수이고,

[0024] $Y(k)$ 는 k -번째 주파수 서브채널을 통하여 송신되는 변조 심볼이며, k -번째 주파수 서브채널용으로 이용되는 특정한 변조 방식에 기초하여 유도되고,

[0025] $H(k)$ 는 통신 채널의 주파수 응답이며, 각각의 주파수 채널에 대하여 "양자화된" 형태로 표현되고,

[0026] $N(k)$ 는 시간-도메인 잡음의 N_F 개의 샘플 시퀀스에 대한 FFT, 즉, $\text{FFT}\{n(kT)\}$ (여기서, $k = 0, 1, \dots, N_F - 1$) 를 나타내며,

[0027] T 는 샘플링 주기이다.

[0028] 단일 캐리어 시스템에서, 송신된 심볼들은 대략 동일한 SNR 로 수신기에서 모두 수신될 수도 있다. "일정한 SNR" 패킷의 SNR 과 그 패킷에 대한 에러 확률 사이의 관계는 당업계에 공지되어 있다. 근사화로서, 특정한 획득 SNR 을 갖는 단일 캐리어 시스템에 의해 지원되는 최대 데이터 레이트는 동일한 SNR 을 갖는 AWGN 에 의해 지원되는 최대 데이터 레이트로서 추정될 수도 있다. AWGN 채널의 주요 특성은 주파수 응답이 전체 시스템 대역폭에 걸쳐서 플랫 (flat) 하거나 일정하다는 것이다.

[0029] 그러나, OFDM 시스템에서, 패킷을 구성하는 변조 심볼은 다중의 주파수 서브채널에 걸쳐서 송신된다. 패킷을 송신하는데 이용되는 주파수 서브채널의 주파수 응답에 따라, 전체 패킷에 걸쳐서 SNR 이 변할 수도 있다. "변하는 SNR" 패킷의 이러한 문제점은 시스템 대역폭이 증가함에 따라서, 및 다중경로 환경에 대하여 악화된다.

[0031] 또한, OFDM 시스템에 대한 주요 난점은, 특정한 패킷 에러 레이트 (PER), 프레임 에러 레이트 (FER), 비트 에러 레이트 (BER), 또는 기타 다른 기준에 의해 측정될 수도 있는 특정한 성능 레벨을 달성함과 동시에 데이터 송신 용으로 이용될 수도 있는 최대 데이터 레이트를 결정하는 것이다. 예를 들어, 특정한 공칭 (nominal) 값 (예를 들어, $P_e = 1\%$) 근처의 작은 윈도우 내에 PER 을 유지함으로써 원하는 성능 레벨을 획득할 수도 있다.

[0032] 통상적인 통신 시스템에서는, 특정 데이터 레이트 및 별도의 데이터 레이트 세트가 정의되며, 오직 이들 데이터 레이트만을 이용할 수 있다. 각각의 데이터 레이트 $D(r)$ 은 특정한 변조 방식 또는 콘스텔레이션 $M(r)$, 및 특정한 코딩 레이트 $C(r)$ 과 관련될 수도 있다. 또한, 각각의 데이터 레이트는, 그 데이터 레이트가 원하는 PER, P_e 보다 작거나 같은 데이터 송신용의 PER 을 발생시키는 최소의 SNR 인 특정한 $SNR(r)$ 을 요구할 수도 있다. 이러한 $SNR(r)$ 은 통신 채널이 AWGN (즉, 전체 시스템 대역폭에 걸쳐서 플랫 주파수 응답을 가짐, 즉, 모든 k 에 대하여 $H(k) = H$) 이라는 것을 가정한다. 통상적으로, 송신기와 수신기 사이의 통신 채널은 AWGN 이 아니고, 대신, 분산형 또는 주파수 선택적 (frequency selective) (즉, 시스템 대역폭의 상이한 서브-밴드에서 상이한 양의 감쇠) 이다. 그러한 다중경로 채널의 경우, 데이터 송신용으로 이용될 특정한 데이터 레이트는 채널의 다중경로 특성 또는 주파수 선택적인 특성을 설명하도록 선택될 수도 있다.

[0033] 따라서, 각각의 데이터 레이트 $D(r)$ 는 그것을 특징짓는 파라미터 세트와 관련될 수도 있다. 이들 파라미터는 변조 방식 $M(r)$, 코딩 레이트 $C(r)$, 및 요구 SNR (r) 을 포함할 수도 있으며,

수학식 2

$$D(r) \leftrightarrow [M(r), C(r), SNR(r)]$$

[0034]

[0035] 를 따른다. 여기서, r 은 데이터 레이트에 대한 인덱스, 즉, $r = 0, 1, \dots, N_R-1$ 이며, 여기서 N_R 은 가용 데이터 레이트의 총 갯수이다. 수학식 2 는, 데이터 레이트 $D(r)$ 이 변조 방식 $M(r)$ 및 코딩 레이트 $C(r)$ 를 이용하여 송신될 수도 있으며 원하는 공칭 PER, P_e 를 달성하기 위하여 AWGN 채널에서 $SNR(r)$ 를 더 요구함을 나타낸다. N_R 데이터 레이트들은 $D(0) < D(1) < D(2) \dots < D(N_R-1)$ 이 되도록 정렬될 수도 있다.

[0036] 본 발명의 일 양태에 의하면, OFDM 시스템에서의 소정의 다중경로 채널을 통하여 신뢰성있게 송신될 수도 있는 최대 데이터 레이트는 등가 AWGN 채널에 대한 메트릭에 따라 결정된다. 원하는 PER, P_e 가 데이터 송신 동안 유지될 경우에 신뢰성있는 송신이 달성된다. 이하, 이 양태의 세부사항을 설명한다.

[0037] 도 1b 는 등가 채널을 이용하여 다중경로 채널을 위한 레이트 선택을 그래픽적으로 나타낸 도면이다. 채널 응답 $H(k)$ 및 잡음 분산 N_0 에 의해 정의되는 소정의 다중경로 채널에 대하여, OFDM 시스템은 변조 방식 $M(k)$ 를 이용하여 등가 데이터 레이트 D_{equiv} 를 달성할 수도 있으며, 여기서, $M(k)$ 는 서로 다른 주파수 서브채널에 대해 서로 다르다. 이 D_{equiv} 은 특정한 채널 용량 함수 $f[H(k), N_0, M(k)]$ 에 기초하여 후술되는 바와 같이 추정될 수도 있다. 각각의 개별 주파수 서브채널의 대역폭이 1 로 정규화되기 때문에, 그것은 함수 $f[\cdot]$ 의 인수처럼 보이지 않는다. 원하는 PER, P_e 에서 변조 방식 $M(k)$ 를 이용하여 등가 데이터 레이트 D_{equiv} 로 송신하기 위해 등가 AWGN 채널에 의해 요구되는 SNR 의 추정치 SNR_{equiv} 인 메트릭은 $M(k)$ 를 이용한 D_{equiv} 및 후술되는 함수 $g(D_{equiv}, M(k))$ 에 기초하여 유도할 수도 있다.

[0038] 데이터 레이트 $D(k)$, 변조 방식 $M(k)$, 및 코딩 레이트 $C(k)$ 에 대하여, AWGN 채널은 원하는 PER, P_e 를 얻기 위하여, SNR_{th} 또는 더 양호한 SNR 을 요구한다. 이 임계 SNR_{th} 는 컴퓨터 시뮬레이션 또는 기타 다른 수단에 의해 결정될 수도 있다. 그 후, 만약 메트릭 (또는 SNR_{equiv}) 이 SNR_{th} 보다 크거나 같으면, 데이터 레이트 $D(k)$ 는 다중경로 채널을 위하여 OFDM 시스템에 의해 지원되는 것으로 간주될 수도 있다. 데이터 레이트 $D(k)$ 가 증가함에 따라, 임계 SNR_{th} 는 $H(k)$ 및 N_0 에 의해 정의되는 소정의 채널 상태에 대하여 증가한다. 따라서, OFDM 시스템에 의해 지원될 수도 있는 최대 데이터 레이트는 채널 상태에 의해 제한된다. 여기에는, 소정의 다중경로 채널을 위하여 OFDM 시스템에 의해 지원될 수도 있는 최대 데이터 레이트를 결정하기 위하여 다양한 방식들이 제공된다. 이하, 이 방식들 중 일부를 설명한다.

[0039] 제 1 레이트 선택 방식에서, 메트릭 또는 OFDM 시스템에서 소정의 다중경로 채널을 통한 데이터 송신을 위하여

파라미터 세트를 수신하고, 그 수신된 파라미터들에 기초하여, 다중경로 채널에 등가인 AWGN 채널에 대한 SNR의 추정치를 제공한다. 메트릭 Ψ 에 대한 이들 입력 파라미터는 데이터 송신의 프로세싱과 관련된 하나 이상의 파라미터 (예를 들어, 변조 방식 $M(k)$) 및 통신 채널과 관련된 하나 이상의 파라미터 (예를 들어, 채널 응답 $H(k)$ 및 잡음 분산 N_0)를 포함할 수도 있다. 상술한 바와 같이, 변조 방식 $M(k)$ 는 특정한 데이터 레이

트 $D(k)$ 와 관련될 수도 있다. 메트릭 Ψ 는 등가 AWGN 채널의 SNR의 추정치이다 (즉, $\Psi \approx \text{SNR}_{\text{equiv}}$). 또한, 다중경로 채널에 의해 지원되는 최대 데이터 레이트는 그 데이터 레이트와 관련된 코딩 및 변조 방식을 이용하여 원하는 PER, P_e 를 획득하기 위해, AWGN 채널에 요구되는 임계 SNR, SNR_{th} 보다 크거나 같은 등가 SNR과 관련된 최고의 데이터 레이트로서 결정될 수도 있다.

[0040] 다양한 함수들이 메트릭 Ψ 를 위해 이용될 수 있으며, 이하, 그들 중 일부를 제공한다. 일 실시형태에서, 메트릭 Ψ 는,

수학식 3

$$\Psi = g\left\{\left(\sum_{k=0}^{N_F-1} f[H(k), N_0, M]\right), M\right\}$$

[0041]

[0042] 으로 정의한다. 수학식 3에서, 함수 $f[H(k), N_0, M]$ 는 변조 방식 M 이 주파수 응답 $H(k)$ 및 잡음 분산 N_0 을 갖는 k -번째 주파수 서브채널을 통해 반송될 수 있는 최대 데이터 레이트를 결정한다. 후술되는 바와 같이, 함수 $f[H(k), N_0, M]$ 는 다양한 채널 용량 함수에 기초하여 정의될 수도 있다.

[0043] 파라미터 $H(k)$ 및 N_0 은 $\text{SNR}(k)$ 에 매핑될 수도 있다. 시스템에 대한 총 송신 전력 P_{total} 이 고정되고 N_F 개의 주파수 서브채널에 대한 송신 전력의 할당이 균일하고 고정될 경우, 각각의 주파수 서브채널에 대한 SNR은,

수학식 4

$$\text{SNR}(k) = \frac{P_{\text{total}}}{N_F} \frac{|H(k)|^2}{N_0}$$

[0044]

[0045] 로 표현할 수 있다. 수학식 4에 나타난 바와 같이, $\text{SNR}(k)$ 는 함수 $f[H(k), N_0, M]$ 의 두 파라미터인 주파수 응답 $H(k)$ 및 잡음 분산 N_0 의 함수이다.

[0046] 수학식 3에서의 합산은 모두 N_F 개의 주파수 서브채널에 걸쳐 $f[\cdot]$ 에 대하여 수행되어, AWGN 채널을 통해 송신될 수도 있는 등가 데이터 레이트 D_{equiv} 를 제공한다. 또한, 함수 $g(D_{\text{equiv}}, M)$ 은 변조 방식 M 을 이용하여 등가 데이터 레이트 D_{equiv} 에 신뢰성있게 송신하기 위해 AWGN 채널에 요구되는 SNR을 결정한다.

[0047] 수학식 3은 OFDM 시스템에서의 모두 N_F 개의 주파수 서브채널용으로 동일한 변조 방식 M 이 이용된다고 가정한다. 이러한 제한은 OFDM 시스템에서의 송신기 및 수신기에서의 간략화된 프로세싱을 가능케 하지만, 성능을 희생할 수도 있다.

[0048] 만약 상이한 변조 방식이 상이한 주파수 서브채널에 대하여 이용될 수도 있으면, 메트릭 Ψ 는,

수학식 5

$$\Psi = \sum_{k=0}^{N_F-1} g(f[H(k), N_0, M(k)], M(k))$$

[0049]

[0050] 로 정의할 수도 있다. 수학식 5에 나타난 바와 같이, 변조 방식 $M(k)$ 는 주파수 서브채널의 인덱스 k 의 함수이다. 상이한 주파수 서브채널에 대한 상이한 변조 방식 및/또는 코딩 레이트의 이용은 "비트 로딩 (bit loading)"이라고도 한다.

[0051] 함수 $f[x]$ 는 x 로서 일괄적으로 표현되는 파라미터 세트에 대하여, AWGN 채널을 통해 신뢰성있게 송신될 수도 있는 데이터 레이트를 결정하는데, 여기서, x 는 주파수의 함수 (즉, $x(k)$)일 수도 있다. 수학식 5에서,

함수 $f[H(k), N_0, M(k)]$ (여기서, $x(k) = \{H(k), N_0, M(k)\}$) 는 변조 방식 $M(k)$ 가 주파수 응답 $H(k)$ 및 잡음 분산 N_0 을 갖는 k -번째 주파수 서브채널을 통해 반송될 수 있는 데이터 레이트를 결정한다. 또한, 함수 $g(f[x(k)], M(k))$ 는 $f[x(k)]$ 에 의해 결정되는 데이터 레이트를 반송하기 위하여 등가 변조 방식 M 을 이용하여 등가 AWGN 채널에 요구되는 SNR 을 결정한다. 또한, 수학적 식 5 에서의 합산은 모두 N_F 개의 주파수 서브 채널에 걸쳐 $g(f[x(k)], M(k))$ 에 대하여 수행되어, 등가 AWGN 채널에 대한 SNR 의 추정치, SNR_{equiv} 을 제공한다.

[0052] 함수 $f[x]$ 는 다양한 채널 용량 함수 또는 기타 다른 함수 또는 기술에 기초하여 정의될 수도 있다. 통상적으로, 시스템의 절대 용량은 주파수 응답 $H(k)$ 및 잡음 분산 N_0 에 대하여 신뢰성있게 송신될 수 있는 이론적인 최대 데이터 레이트로서 제공된다. 시스템의 "제한된" 용량은 데이터 송신용으로 이용되는 특정한 변조 방식 또는 콘스텔레이션 $M(k)$ 에 의존하며, 절대 용량 보다 작다.

[0053] 일 실시형태에서, 함수 $f[H(k), N_0, M(k)]$ 는 제한된 채널 용량 함수에 기초하여 정의되며,

수학적 식 6

$$f(k) = M_k - \frac{1}{2^{M_k}} \sum_{i=1}^{2^{M_k}} E \left[\log_2 \sum_{j=1}^{2^{M_k}} \exp \left(-SNR(k) (|a_i - a_j|^2 + 2 \operatorname{Re} \{ x^* (a_i - a_j) \}) \right) \right]$$

[0054] 으로 표현할 수도 있다.

[0055]

[0056] 여기서, M_k 는 변조 방식 $M(k)$, 즉, 2^{M_k} -진 콘스텔레이션 (예를 들어, 2^{M_k} -진 QAM) 에 대응하는 변조 방식 $M(k)$ 과 관련되는데, 여기서, 2^{M_k} 개의 콘스텔레이션 포인트는 M_k 비트에 의해 식별될 수도 있으며,

[0057] a_i 및 a_j 는 2^{M_k} -진 콘스텔레이션의 포인트이며,

[0058] x 는 제로 (0) 평균 및 $1/SNR(k)$ 의 분산을 갖는 복소 가우시안 랜덤 변수이며,

[0059] $E[\cdot]$ 는 수학적 식 6 에서의 변수 x 에 대하여 행해지는 기대값 연산이다.

[0060] 수학적 식 6 에 나타난 제한된 채널 용량 함수는 닫힌 형태 (closed form) 의 솔루션을 갖지 않는다. 따라서, 이 함수는 다양한 변조 방식 및 SNR 값에 대하여 수치적으로 (numerically) 유도할 수 있으며, 그 결과를 하나 이상의 테이블에 저장할 수도 있다. 이하, 함수 $f[x]$ 는 특정한 변조 방식 및 SNR 을 갖는 적절한 테이블에 액세스함으로써 구해질 수도 있다.

[0061] 다른 실시형태에서, 함수 $f[x]$ 는 Shannon (또는 이론적인) 채널 용량 함수에 기초하여 정의될 수도 있으며,

수학적 식 7

$$f(k) = \log_2 [1 + SNR(k)]$$

[0062] 로 표현할 수 있는데, 여기서, W 는 시스템 대역폭이다. 수학적 식 7 에 나타난 바와 같이, Shannon 채널 용량은 소정의 변조 방식에 의해 제약받지 않는다 (즉, $M(k)$ 는 수학적 식 7 의 파라미터가 아님).

[0063]

[0064] $f[x]$ 를 이용하기 위한 함수의 특정한 선택은 OFDM 시스템 설계와 같은 다양한 인자에 의존할 수도 있다. 하나 이상의 특정한 변조 방식을 이용하는 통상의 시스템의 경우, 수학적 식 6 에 나타난 바와 같은 함수 $f[x]$ 에 대하여 제한된 채널 용량과 함께 이용될 때, 수학적 식 3 에 나타난 바와 같이 정의된 메트릭 Ψ 는 다중경로 채널은 물론 AWGN 채널에 대한 OFDM 시스템을 위해 최대로 지원되는 데이터 레이트의 정확한 추정치이다.

[0065] 함수 $g(f[x], M(k))$ 는 변조 방식 $M(k)$ 를 이용하여, 함수 $f[x]$ 에 의해 결정되는 등가 데이터 레이트를 지원하기 위하여 AWGN 채널에 요구되는 SNR 을 결정한다. 일 실시형태에서, 함수 $g(f[x], M(k))$ 는,

수학식 8

$$g(f[x], M(k)) = f[x]^{-1}$$

[0066]

[0067]

*으로 정의한다. 함수 $f[x]$ 가 변조 방식 $M(k)$ 에 의존하기 때문에, 함수 $g(f[x], M(k))$ 도 변조 방식에 의존한다. 일 구현에서, 함수 $f[x]^{-1}$ 은, 이용하기 위하여 선택될 수도 있고 각각의 테이블에 저장될 수도 있는 각각의 변조 방식에 대하여 유도될 수도 있다. 또한, 함수 $g(f[x], M(k))$ 는 변조 방식 $M(k)$ 에 대한 특정한 테이블에 액세스함으로써, 소정의 $f[x]$ 값에 대하여 측정될 수도 있다. 또한, 함수 $g(f[x], M(k))$ 는 다른 함수를 이용하여 정의되거나 다른 수단에 의해 유도될 수도 있으며, 이것은 본 발명의 범위 내에 있는 것이다.

[0068]

도 2 는 메트릭 Ψ 에 기초하여 OFDM 시스템에서 이용하기 위한 데이터 레이트를 선택하는 프로세스 (200) 의 일 실시형태에 대한 흐름도이다. 처음에는, $D(0) < D(1) < \dots < D(N_R-1)$ 이 되도록 가용 데이터 레이트 (즉, OFDM 시스템에 의해 지원되는 데이터 레이트) 를 정렬한다. 그 후, 단계 212 에서, 최고의 가용 데이터 레이트를 선택한다. 그 후, 단계 214 에서는, 변조 방식 $M(\text{레이트})$ 와 같이, 선택된 데이터 레이트 $D(\text{레이트})$ 와 관련된 다양한 파라미터들을 결정한다. OFDM 시스템의 설계에 의존하여, 각각의 데이터 레이트는 하나 또는 다중의 변조 방식과 관련될 수도 있다. 그 후, 선택된 데이터 레이트의 각 변조 방식은 다음 단계에 따라 구해질 수도 있다. 간략화를 위하여, 이하, 오직 하나의 변조 방식만이 각각의 데이터 레이트와 관련 된다고 가정한다.

[0069]

그 후, 단계 216 에서, 선택된 데이터 레이트 $D(\text{레이트})$ 와 관련된 특정한 변조 방식 $M(\text{레이트})$ 에 대하여 메트릭 Ψ 을 구한다. 이것은, 수학식 3 에 나타난 바와 같이,

$$\Psi = g\left\{\left(\sum_{k=0}^{N_T-1} f[H(k), N_0, M(\text{rate})]\right), M(\text{rate})\right\}$$

[0070]

으로 메트릭 Ψ 에 대한 함수를 구함으로써 달성될 수가 있다. 메트릭 Ψ 은 변조 방식 $M(\text{레이트})$ 를 이용하여, 등가 데이터 레이트를 신뢰성있게 송신하기 위해 등가 AWGN 채널에 요구되는 SNR 의 추정치를 나타낸다.

[0072]

그 후, 단계 218 에서는, 선택된 데이터 레이트 $D(\text{레이트})$ 를 원하는 PER, P_e 로 송신하는데 요구되는 임계 SNR, $SNR_{th}(\text{레이트})$ 를 결정한다. 임계 $SNR_{th}(\text{레이트})$ 는 선택된 데이터 레이트와 관련된 변조 방식 $M(\text{레이트})$ 및 코딩 레이트 $C(\text{레이트})$ 의 함수이다. 임계 SNR 은 각각의 가능한 데이터 레이트에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션 또는 기타 다른 수단에 의해 결정될 수도 있으며, 추후 이용을 위해 저장될 수도 있다.

[0073]

그 후, 단계 220 에서는, 메트릭 Ψ 가 선택된 데이터 레이트와 관련된 임계 $SNR_{th}(\text{레이트})$ 보다 크거나 같은지 여부를 판정한다. 만약 메트릭 Ψ 가 $SNR_{th}(\text{레이트})$ 보다 크거나 같으면 (이것은 다중경로 채널에서 데이터 레이트 $D(\text{레이트})$ 에 대하여 OFDM 시스템에 의해 획득된 SNR 이 원하는 PER, P_e 를 획득하기에 충분함을 나타내는 것임), 단계 224 에서는, 바로 이용하기 위하여 그 데이터 레이트를 선택한다. 그렇지 않으면, 단계 222 에서는, 값을 구하기 위하여 다음으로 낮은 가용 데이터 레이트를 (그 레이트를 1 만큼 감소함으로써, 즉, 레이트 = 레이트-1) 선택한다. 그 후, 단계 214 로 복귀하여 다음으로 낮은 데이터 레이트가 평가된다. 단계 214 내지 222 는 최대 지원 데이터 레이트가 단계 222 에서 확인되거나 제공될 때까지 필요한 만큼 반복될 수도 있다.

[0074]

메트릭 Ψ 는 데이터 레이트의 단조 함수이며, 증가하는 데이터 레이트와 함께 증가한다. 또한, 임계 SNR 도 증가하는 데이터 레이트와 함께 증가하는 단조 함수이다. 도 2 에 도시된 실시형태는 최대 가용 데이터 레이트로부터 최소 가용 데이터 레이트까지 가용 데이터 레이트들을 한번에 구한다. 메트릭 Ψ 보다 작거나 같은 임계 SNR, $SNR_{th}(\text{레이트})$ 와 관련된 최고의 데이터 레이트가 바로 이용하기 위하여 선택된다.

[0075]

다른 실시형태에서, 메트릭 Ψ 는 특정한 변조 방식 $M(r)$ 에 대하여 구해져서, 등가 AWGN 채널에 대한 SNR 의 추정치, $SNR_{equiv}(r)$ 을 유도할 수도 있다. 그 후, 변조 방식 $M(r)$ 을 이용하여, 이 등가 SNR 에서 원하는 PER 에 대하여 AWGN 채널에 의해 지원되는 최대 데이터 레이트 $D_{max}(r)$ 을 (예를 들어, 룩업 테이블을 통하여) 결정한다. 그 후, 다중경로 채널에 대하여 OFDM 시스템에서 이용될 실제 데이터 레이트는 AWGN 채널에 의해 지

원되는 최대 데이터 레이트 $D_{\max}(r)$ 보다 작거나 같도록 선택될 수도 있다.

[0076] 제 2 의 레이트 선택 방식에서는, 이퀄라이제이션 (equalization) 이후에 단일 캐리어 시스템에 의해 다중경로 채널에 대하여 획득된 사후-검출 (post-detection) SNR 로서 메트릭 Ψ 를 정의한다. 사후-검출 SNR 은 수신기에서의 이퀄라이제이션 이후의, 잡음 플러스 간섭에 대한 총 신호 전력의 비를 나타낸다. 단일 캐리어 시스템에서 이퀄라이제이션으로 획득되는 사후-검출 SNR 의 이론적인 값은, OFDM 시스템의 성능을 나타낼 수도 있기 때문에, OFDM 시스템에서 지원되는 최대 데이터 레이트를 결정하는데 이용될 수도 있다. 다중경로 채널에 의해 도입된 수신 신호에서의 왜곡을 보상하기 위하여, 단일 캐리어 시스템에서 수신된 신호를 프로세싱하는데 다양한 타입의 이퀄라이저를 이용할 수도 있다. 그러한 이퀄라이저는, 예를 들어, 최소 평균 자승 에리션형 이퀄라이저 (MMSE-LE), 결정 피드백 이퀄라이저 (DFE) 등을 포함할 수도 있다.

[0077] (무한-길이) MMSE-LE 에 대한 사후-검출 SNR 은,

수학식 9a

$$SNR_{mmse-le} = \frac{1 - J_{\min}}{J_{\min}}$$

[0078]

[0079] 으로 표현할 수도 있으며, 여기서, J_{\min} 은,

수학식 9b

$$J_{\min} = \frac{T}{2\pi} \int_{-\pi/T}^{\pi/T} \frac{N_0}{X(e^{j\omega T}) + N_0} d\omega$$

[0080]

[0081] 으로 주어진다. 여기서, $X(e^{j\omega T})$ 는 채널 전달 함수 $H(f)$ 의 폴드형 스펙트럼이다.

[0082] (무한-길이) DFE 에 대한 사후-검출 SNR 은,

수학식 10

$$SNR_{dfe} = \exp \left[\frac{T}{2\pi} \int_{-\pi/T}^{\pi/T} \ln \left(\frac{X(e^{j\omega T}) + N_0}{N_0} \right) d\omega \right] - 1$$

[0083]

[0084] 으로 표현할 수도 있다. 수학식 9 및 10 에 각각 나타낸 MMSE-LE 및 DFE 에 대한 사후-검출 SNR 은 이론적인 값을 나타낸다. 또한, MMSE-LE 및 DFE 에 대한 사후-검출 SNR 은, 여기에서 참조하는, J.G.Proakis 의 "Digital Communications", 제 3 판, 1995, McGraw Hill 의 섹션 10-2-2 및 10-3-2 에 각각 더 상세히 설명되어 있다.

[0085] 또한, MMSE-LE 및 DFE 에 대한 사후-검출 SNR 은, 본 발명의 양수인에게 양도되었고 여기서 전부 참조하며, 2001년 3월 23일 및 2001년 9월 18일에 각각 동일한 이름으로 출원된 미국특허 출원번호 제 09/826,481 호 및 제 09/956,449 호의 "Method and Apparatus for Utilizing Channel State Information in a Wireless Communication System" 및 2001년 5월 11일에 출원된 미국특허 출원번호 제 09/854,235 호의 "Method and Apparatus for Processing Data in a Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) Communication System Utilizing Channel Information" 에 개시되어 있는 바와 같이, 수신 신호에 기초하여 수신기에서 추정될 수도 있다.

[0086] 수학식 9 및 10 에 나타낸 분석 표현에 의해 설명된 것과 같이, 사후-검출 SNR 은 다중경로 채널에 대하여 결정되고 메트릭 Ψ 의 추정치 (즉, $\Psi \approx SNR_{mmse-le}$ 또는 $\Psi \approx SNR_{dfe}$) 로서 이용될 수도 있다. 등가 AWGN 채널에 대한 사후-검출 SNR ($SNR_{mmse-le}$ 또는 SNR_{dfe}) 은 파라미터, $D(r)$, $M(r)$, $C(r)$ 및 P_e 의 특정한 세트에 대하여 유도되는 임계 SNR, SNR_{th} 와 비교되어, 다중경로 채널에 대하여 OFDM 시스템에서 이용될 수도 있는 데이터 레이트를 결정할 수도 있다.

- [0087] 또한, 매트릭 \mathbf{P} 은 기타 다른 함수에 기초하여 정의될 수도 있고 등가 데이터 레이트는 기타 다른 기술에 기초하여 추정될 수도 있으며, 이것은 본 발명의 범위 내에 있는 것이다.
- [0088] 매트릭 \mathbf{P} 에 기초하여 OFDM 시스템에서 이용하기 위하여 선택된 데이터 레이트는 원하는 PER, P_e 에 대하여 다중경로 채널에 의해 지원될 수도 있는 데이터 레이트의 예측(prediction)을 나타낸다. 어떠한 레이트 예측 방식을 이용하기 때문에, 예측 에러는 필할 수 없다. 원하는 PER을 달성할 수 있음을 보장하기 위하여, 예측 에러가 추정될 수 있으며, 다중경로 채널에 의해 지원될 수 있는 데이터 레이트를 결정하는데 백-오프(back-off) 인자가 이용될 수도 있다. 이 백-오프는 OFDM 시스템의 스루풋(throughput)을 감소시킨다. 따라서, 원하는 PER을 달성하는 동안 가능한 작은 백-오프를 유지하는 것이 요구된다.
- [0089] 본 발명의 다른 양태에 의하면, 백-오프의 양을 감소시키고 시스템 스루풋을 향상시키기 위하여 점진적인 송신(incremental transmission; IT) 방식이 제공되어, 제 1 양태의 레이트 선택과 함께 바람직하게 이용될 수도 있다. IT 방식은 하나 이상의 별도의 송신, 즉, 한번에 하나의 송신 및 특정한 한계까지 하나의 송신을 이용하여, 소정의 패킷을 송신한다. 패킷에 대한 제 1 송신은, 예상된 채널 상태에 기초하여 그 패킷이 수신기에서 에러없이 복원될 수 있도록, 충분한 양의 패킷을 포함한다. 그러나, 만약 제 1 송신이 통신 채널에 의해 과도하게 손상되어 패킷에 대한 에러없는 복원이 달성되지 않으면, 패킷에 대한 추가적인 데이터량의 점진적인 송신을 수행한다. 그 후, 수신기는 점진적인 송신에서의 추가적인 데이터, 및 패킷용으로 이전에 수신된 모든 데이터에 기초하여 패킷의 복원을 시도한다. 송신기에 의한 점진적인 송신 및 수신기에 의한 디코딩은, 그 패킷이 에러없이 복원되거나 점진적인 송신의 최대 횟수에 이를 때까지 1회 이상 시도될 수도 있다.
- [0090] IT 방식의 일 실시형태는 다음과 같이 구현될 수도 있다. 먼저, 어떠한 점진적인 송신없이 패킷용으로 이용될 수도 있는 코딩 레이트 보다 더 낮은 코딩 레이트(순방향 에러 정정 코드용)를 이용하여 패킷용 데이터를 코딩한다. 다음으로, 패킷용으로 코딩된 비트의 일부를 펄처링(puncture)하고, 코딩된 비트의 일 서브세트만을 패킷의 제 1 송신용으로 송신한다. 만약 패킷이 정확하게 수신되면, 수신기는 패킷이 에러없이 수신되었음을 나타내는 확인응답(ACK)를 되송신할 수도 있다. 다른 방법으로, 만약 에러가 있는 패킷을 수신하면, 수신기는 부정 확인응답(NACK)을 되송신할 수도 있다.
- [0091] 모든 경우에서, 만약 확인응답이 그 패킷에 대한 송신기에 의해 수신되지 않거나 부정 확인응답이 수신되면, 수신기는 점진적인 패킷을 수신기로 송신한다. 이러한 점진적인 패킷은 제 1 송신에서 송신되지 않은, 원래의 펄처링된 코딩 비트들의 일부를 포함할 수도 있다. 그 후, 수신기는 제 1 송신 및 제 2 송신에서 송신되는 코딩 비트를 이용하여 패킷의 디코딩을 시도한다. 제 2 송신으로부터의 추가적인 코딩 비트는 더 많은 에너지를 제공하여 에러 정정 능력을 향상시킨다. 하나 이상의 점진적인 송신은, 확인응답이 수신되거나 부정 확인응답이 수신되지 않을 때까지 통상 한번에 수행될 수도 있다.
- [0092] 만약 점진적인 송신이 시스템에 의해 이용되지 않으면, 더 작은 백-오프가 레이트 예측 에러를 설명하는데 이용될 수도 있으며, 더 적극적인 레이트 선택이 수행될 수도 있다. 이것은 향상된 시스템 스루풋을 발생시킬 수도 있다.
- [0093] 또한, 상술한 레이트 선택과 결합한 점진적인 송신은 고정되거나 천천히 변하는 통신 채널에 의해 지원되는 최대 데이터 레이트를 결정하기 위한 효율적인 메커니즘을 제공한다. 채널의 다중경로 프로파일이 천천히 변하는 고정-액세스(fixed-access) 애플리케이션을 고찰해 하자. 이 경우, 초기의 데이터 레이트가 상술한 기술에 기초하여 선택되고 데이터 송신용으로 이용될 수도 있다. 만약 채널이 지원할 수 있는 것 보다 초기의 데이터 레이트가 더 높으면, IT 방식은 패킷이 수신기에서 정확하게 코딩될 수 있을 때까지 추가적인 코딩 비트를 송신할 수 있다. 또한, 채널이 지원할 수 있는 최대 데이터 레이트는 제 1 송신 및 후속하는 어떤 점진적인 송신에 송신되는 코딩 비트의 총 갯수에 기초하여 결정될 수도 있다. 만약 채널이 천천히 변하면, 신규한 데이터 레이트를 결정할 수 있을 시에 그 채널이 변할 때까지 결정된 데이터 레이트가 이용될 수도 있다.
- [0094] 따라서, 점진적인 송신은 다수의 이점들을 제공한다. 첫째, 점진적인 송신의 이용은 시스템 스루풋을 증가시키기 위하여 적극적인 데이터 레이트의 선택을 허용한다. 둘째, 점진적인 송신은 어떠한 레이트 예측 방식에서 필연적으로 발생하는 예측 에러를(이용되는 백-오프의 양에 의존하는 예측 에러의 주파수 및 크기와 함께) 보정하는 수단을 제공한다. 셋째, 점진적인 송신은 고정되거나 천천히 변하는 채널을 위하여 지원되는 최대 데이터 레이트를 더 정확하게 결정하는 메커니즘을 제공한다.
- [0095] 도 3은 본 발명의 다양한 양태들 및 실시형태들을 구현할 수 있는 송신기 시스템(110a) 및 수신기 시스템

(150a)의 일 실시형태에 대한 블록도이다.

- [0096] 송신기 시스템 (110a)에서는, 데이터 소스 (308)로부터, 코딩된 데이터를 제공하기 위하여 특정한 코딩 방식에 따라 트래픽 데이터를 포맷하고, 인터리빙하고, 코딩하는 송신 (TX) 데이터 프로세서 (310)까지 특정한 데이터 레이트로 트래픽 데이터를 제공한다. 데이터 레이트 및 코딩은 제어기 (330)에 의해 제공되는 데이터 레이트 제어 및 코딩 제어에 의해 각각 결정될 수도 있다.
- [0097] 그 후, 코딩된 데이터는 파일럿 데이터 (예를 들어, 공지의 방법으로 프로세싱되고 공지의 패턴인 데이터)를 수신할 수도 있는 변조기 (320)으로 제공된다. 파일럿 데이터는 트래픽 데이터를 송신하기 위하여 이용되는 모든 주파수 서브채널 또는 그 서브세트에서, 예를 들어, 시분할 멀티플렉스 (TDM) 또는 코드분할 멀티플렉스 (CDM)을 이용하여, 코딩된 트래픽 데이터와 멀티플렉싱될 수도 있다. 특정한 실시형태에서, OFDM 시스템의 경우, 변조기 (320)에 의한 프로세싱은 (1) 수신 데이터를 하나 이상의 변조 방식으로 변조하는 단계, (2) 변조된 데이터를 변환하여 OFDM 심볼을 형성하는 단계, 및 (3) 사이클릭 프리픽스 (cyclic prefix)를 각각의 OFDM 심볼에 부가하여 대응하는 송신 심볼을 형성하는 단계를 포함한다. 제어기 (330)에 의해 제공되는 변조 제어에 기초하여 변조가 수행된다. 그 후, 변조된 데이터 (즉, 송신 심볼)는 송신기 (TMTR; 322)에 제공된다.
- [0098] 송신기 (322)는 변조된 데이터를 하나 이상의 아날로그 신호로 변환하고, 또한 그 아날로그 신호를 컨디셔닝 (예를 들어, 증폭, 필터링, 및 직교 변조)하여 통신 채널을 통한 송신에 적합한 변조 신호를 생성한다. 그 후, 변조 신호는 안테나 (324)를 통하여 수신기 시스템으로 송신된다.
- [0099] 수신기 시스템 (150a)에서는, 송신된 변조 신호가 안테나 (352)에 의해 수신되고 수신기 (RCVR; 354)로 제공된다. 수신기 (354)는 수신 신호를 컨디셔닝 (예를 들어, 필터링, 증폭, 및 다운컨버팅)하고, 그 컨디셔닝된 신호를 디지털화하여 데이터 샘플을 제공한다. 그 후, 복조기 (Demod; 360)은 데이터 샘플을 프로세싱하여, 변조된 데이터를 제공한다. OFDM의 경우, 복조기 (360)에 의한 프로세싱은 (1) 각각의 OFDM 심볼에 이전에 부가된 사이클릭 프리픽스를 제거하는 단계, (2) 각각의 복원된 OFDM 심볼을 변환하는 단계, 및 (3) 송신기 시스템에서 이용된 하나 이상의 변조 방식에 상보적인 하나 이상의 복조 방식에 따라서 복원된 변조 심볼을 복조하는 단계를 포함한다.
- [0100] 그 후, 수신 (RX) 데이터 프로세서 (362)는 복조된 데이터를 디코딩하여 송신 트래픽 데이터를 복원한다. 복조기 (360) 및 RX 데이터 프로세서 (362)에 의한 프로세싱은, 송신기 시스템 (110a)에서의 변조기 (320) 및 TX 데이터 프로세서 (310)에 의해 각각 수행되는 프로세싱과 상보적이다.
- [0101] 도 3에 도시된 바와 같이, 복조기 (360)은 채널 응답의 추정치, $\hat{H}(k)$ 를 유도하여, 이들 추정치를 제어기 (370)으로 제공할 수도 있다. 또한, RX 데이터 프로세서 (362)는 각각의 수신된 패킷의 상태를 유도 및 제공할 수도 있으며, 디코딩된 결과를 나타내는 하나 이상의 성능 메트릭을 더 제공할 수도 있다. 복조기 (360) 및 RX 데이터 프로세서 (362)로부터 수신되는 다양한 타입의 정보에 의존하여, 제어기 (370)은, 상술한 기술에 기초하여, 데이터 송신을 위한 특정 레이트를 결정하거나 선택할 수도 있다. 선택된 레이트의 형태인 피드백 정보, 채널 응답 추정치, 수신 패킷에 대한 ACK/NACK 등은 제어기 (370)에 의해 제공되고, TX 데이터 프로세서 (378)에 의해 프로세싱되고, 변조기 (380)에 의해 변조되고, 컨디셔닝되고 송신기 (354)에 의해 송신되어 송신기 시스템 (110a)으로 되송신될 수도 있다.
- [0102] 송신기 시스템 (110a)에서, 수신기 시스템 (150a)로부터의 변조 신호는 안테나 (324)에 의해 수신되고, 수신기 (322)에 의해 컨디셔닝되고, 복조기 (340)에 의해 복조되어, 수신기 시스템에 의해 송신된 피드백 정보를 복원한다. 그 후, 그 피드백 정보는 제어기 (330)에 제공되고, 수신기 시스템으로의 데이터 송신의 프로세싱을 제어하는데 이용된다. 예를 들어, 데이터 송신의 데이터 레이트는 수신기 시스템에 의해 제공되는 선택 레이트에 기초하여 결정되거나, 수신기 시스템으로부터의 채널 응답 추정치에 기초하여 결정될 수도 있다. 선택된 레이트와 관련된 특정한 코딩 방식 및 변조 방식은 TX 데이터 프로세서 (310) 및 변조기 (320)에 제공되는 코딩 제어 및 변조 제어에 반영되고 결정된다. 수신된 ACK/NACK는 점진적인 송신을 개시하는데 이용될 수도 있다 (간략화를 위하여 도 3에는 도시하지 않음).
- [0103] 제어기 (330 및 370)은, 각각, 송신기 및 수신기 시스템에서의 동작을 명령한다. 메모리 (332 및 372)는, 각각, 제어기 (330 및 370)에 의해 이용된 데이터 및 프로그램 코드의 저장을 제공한다.
- [0104] 도 4는 송신기 시스템 (110a)의 송신기 부분의 일 실시형태인 송신기 유닛 (400)의 블록도이다. 송신기

유닛 (400) 은 (1) 트래픽 데이터를 수신 및 프로세싱하여 코딩된 데이터를 제공하는 TX 데이터 프로세서 (310a), 및 (2) 그 코딩된 데이터를 변조하여 변조된 데이터를 제공하는 변조기 (320a) 를 구비한다. TX 데이터 프로세서 (310a) 및 변조기 (320a) 는, 각각, 도 3 에서의 TX 데이터 프로세서 (310) 및 변조기 (320) 의 일 실시형태이다.

[0105] 도 4 에 도시되어 있는 특정한 실시형태에서, TX 데이터 프로세서 (310a) 는 인코더 (412), 채널 인터리버 (414), 및 평처러 (416) 을 구비한다. 인코더 (412) 는 하나 이상의 코딩 방식에 따라서 트래픽 데이터를 수신 및 코딩하여 코딩된 비트를 제공한다. 코딩은 데이터 송신의 신뢰도를 증대시킨다. 각각의 코딩 방식은, CRC 코딩, 콘볼루셔널 코딩, 터보 코딩, 블록 코딩, 및 다른 코딩의 임의의 조합을 포함하거나 코딩을 하지 않을 수도 있다. 트래픽 데이터는 패킷 (또는 프레임) 으로 분할될 수도 있으며, 각각의 패킷은 개별적으로 프로세싱 및 송신될 수도 있다. 일 실시형태에서, 각각의 패킷에 대하여, 그 패킷에서의 데이터는 그 데이터에 추가되는 일련의 CRC 비트를 생성하는데 이용될 수도 있으며, 그 후, 그 데이터 및 CRC 비트는 콘볼루셔널 코드 또는 터보 코드로 인터리빙 및 코딩되어 패킷용으로 코딩된 데이터를 생성할 수도 있다.

[0106] 채널 인터리버 (414) 는 특정한 인터리빙 방식에 따라 코딩된 비트를 인터리빙하여 다이버시티를 제공한다. 인터리빙은 코딩된 비트에 대한 시간 다이버시티를 제공하고, 데이터 송신용으로 이용되는 주파수 서브채널에 대한 평균 SNR 에 기초하여 데이터가 송신되게 하고, 페이딩에 견디고, 또한 각각의 변조 심볼을 형성하는데 이용되는 코딩된 비트 사이의 상관을 제거한다. 또한, 인터리빙은, 코딩된 비트가 다중의 주파수 서브채널들을 통하여 송신될 경우, 주파수 다이버시티를 제공할 수도 있다.

[0107] 그 후, 평처러 (416) 은 0 이상의 인터리빙된 코딩 비트를 평처링 (즉, 삭제) 하고, 평처링되지 않은 코딩 비트의 요구 갯수를 변조기 (320a) 에 제공한다. 또한, 평처러 (416) 은 평처링된 코딩 비트를 버퍼 (418) 에 제공할 수도 있는데, 이 버퍼는 상술된 바와 같은 추후의 시간에서의 점진적인 송신에 필요한 경우에 코딩된 비트를 저장한다.

[0108] 도 4 에 도시되어 있는 특정한 실시형태에서, 변조기 (320a) 는 심볼 매핑 엘리먼트 (422), IFFT (424) 및 사이클릭 프리픽스 생성기 (426) 을 구비한다. 심볼 매핑 엘리먼트 (422) 는 멀티플렉싱된 파일럿 데이터 및 코딩된 트래픽 데이터를 데이터 송신용의 하나 이상의 주파수 서브채널에 대한 변조 심볼에 매핑한다. 하나 이상의 변조 방식이 변조 제어에 의해 표시되는 주파수 서브채널용으로 이용될 수도 있다. 이용을 위해 선택된 각각의 변조 방식에 대하여, 변조는 다중-비트 심볼을 형성하기 위하여 수신 비트의 세트를 그룹화하고, 선택된 변조 방식 (예를 들어, QPSK, M-PSK, M-QAM, 또는 기타 다른 방식) 에 대응하는 신호 콘스텔레이션 (constellation) 의 한 포인트에 각각의 다중-비트 심볼을 매핑함으로써 달성될 수도 있다. 각각의 매핑된 신호 포인트는 변조 심볼에 대응한다. 그 후, 심볼 매핑 엘리먼트 (422) 는 각각의 송신 심볼 주기 동안 변조 심볼 벡터 (최대 N_F 개) 를 제공하며, 각 벡터에서의 변조 심볼의 수는 그 송신 심볼 주기 동안 이용하기 위하여 선택된 주파수 서브채널의 수에 대응한다.

[0109] IFFT (424) 는 인버스 고속 푸리에 변환을 이용하여 각각의 변조 심볼을 자신의 시간-도메인 표현 (OFDM 심볼이라고도 함) 으로 변환한다. IFFT (424) 는 임의의 수의 주파수 서브채널 (예를 들어, 8, 16, 32, ..., N_F , ...) 에 대한 역변환을 수행하도록 설계될 수도 있다. 일 실시형태에서, 각각의 OFDM 심볼에 대하여, 사이클릭 프리픽스 생성기 (426) 은 OFDM 심볼의 일부를 반복함으로써 대응하는 송신 심볼을 형성한다. 사이클릭 프리픽스는 송신 심볼이 다중경로 지연 확산의 존재 시에도 자신의 직교 특성을 유지함을 보장함으로써, 유해한 경로 효과에 대하여 성능을 향상시킨다. 그 후, 사이클릭 프리픽스 생성기 (426) 으로부터의 송신 심볼은 송신기 (322; 도 3 참조) 에 제공되어, 안테나 (324) 로부터 송신되는 변조 신호를 생성하기 위하여 프로세싱된다.

[0110] 또한, 송신기 유닛에 대한 다른 설계가 구현될 수도 있으며, 그것은 본 발명의 범위 내에 있는 것이다. 인코더 (412), 채널 인터리버 (414), 평처러 (416), 심볼 매핑 엘리먼트 (422), IFFT (424), 및 사이클릭 프리픽스 생성기 (426) 의 구현은 당업계에 공지되어 있으며, 여기서 더 상세히 설명하지는 않는다.

[0111] OFDM 및 다른 시스템에 대한 코딩 및 변조는 전술한 미국특허 출원번호 제 09/826,481 호, 제 09/956,449 호, 및 제 09/854,235 호, 및 본 출원의 양수인에게 양도되었고 여기서 참조하며, 2001년 2월 1일에 출원된 미국특허 출원번호 제 09/776,075 호의 "Coding Scheme for a Wireless Communication System", 및 2001년 11월 6일에 출원된 미국특허 출원번호 [대리인 문서번호 제 010254 호] 의 "Multiple-Access Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) Communication System" 에 더 상세히 설명되어 있다.

- [0112] 본 발명의 양수인에게 양도되었고 여기서 참조하며, 2000년 3월 30일에 출원된 미국특허 출원번호 제 09/532,492 호인 "High Efficiency, High Performance Communication System Employing Multi-Carrier Modulation" 에는 예시적인 OFDM 시스템이 개시되어 있다. 또한, OFDM 은, 여기서 참조하는 John A.C.Bingham 의 논문인 "Multicarrier Modulation for Data Transmission: An Idea Whose Time Has Come," IEEE Communication Magazine, May 1990 에 개시되어 있다.
- [0113] 도 5 는, 도 3 에서의 수신기 시스템 (150a) 의 수신기 부분의 일 실시형태인 수신기 유닛 (500) 의 일 실시형태에 대한 블록도이다. 송신기 시스템으로부터 송신된 신호는 안테나 (352; 도 3) 에 의해 수신되고, 수신기 (354; 프론트-엔드 (front-end) 프로세서라고도 칭할 수도 있음) 에 제공된다. 수신기 (354) 는 수신 신호를 컨디셔닝 (예를 들어, 필터링 및 증폭) 하고, 그 컨디셔닝된 신호를 중간 주파수 또는 기저대역으로 다운 컨버팅하고, 다운컨버팅된 신호를 디지털화하여 변조기 (360a) 로 제공되는 데이터 샘플을 제공한다.
- [0114] 복조기 (360a; 도 5) 내에서, 데이터 샘플은 대응하는 복원 OFDM 심볼을 제공하기 위하여 각각의 송신 심볼에 포함된 사이클릭 프리픽스를 제거하는 사이클릭 프리픽스 제거 엘리먼트 (510) 에 제공된다. 그 후, FFT (512) 는 고속 푸리에 변환을 이용하여 각각의 복원 OFDM 심볼을 변환하고, 각각의 송신 심볼 주기 동안 데이터 송신용으로 이용되는 (최대 N_F 개의) 주파수 서브채널에 대하여 (최대 N_F 개의) 복원된 변조 심볼들의 벡터를 제공한다. FFT (512) 로부터의 복원된 변조 심볼은 복조 엘리먼트 (514) 에 제공되어, 송신기 시스템에서 이용되는 하나 이상의 변조 방식에 상보적인 하나 이상의 복조 방식에 따라서 복조된다. 그 후, 복조 엘리먼트 (514) 으로부터의 복조된 데이터는 RX 데이터 프로세서 (362a) 에 제공된다.
- [0115] RX 데이터 프로세서 (362a) 내에서, 복조된 데이터는 송신기 시스템에서 수행되는 것과 상보적인 방식으로 디-인터리버 (de-interleaver; 522) 에 의해 디-인터리빙되고, 그 디-인터리빙된 데이터는 또한 송신기 시스템에서 수행되는 것과 상보적인 방식으로 디코더 (524) 에 의해 디코딩된다. 예를 들어, 만약 터보 또는 콘볼루션 코딩이 송신기 유닛에서 각각 수행되면, 디코더 (524) 용으로 터보 디코더 또는 비터비 디코더가 이용될 수 있다. 디코더 (524) 로부터 디코딩된 데이터는 송신 데이터의 추정치를 나타낸다. 디코더 (524) 는 각각의 수신 패킷의 상태 (예를 들어, 정확하게 수신되거나 에러가 있게 수신됨) 를 제공할 수도 있다. 또한, 디코더 (524) 는 정확하게 디코딩되지 않는 패킷을 위하여 복조된 데이터를 저장할 수도 있어서, 이 데이터는 후속하는 점진적인 송신의 데이터와 컴바이닝 (combine) 되고 디코딩될 수도 있다.
- [0116] 도 5 에 도시된 바와 같이, 채널 추정기 (516) 은 채널 주파수 응답, $\hat{H}(k)$ 및 잡음 분산, $\hat{\sigma}_n^2$ 을 추정하고 이들 추정치들을 제어기 (370) 에 제공하도록 설계될 수도 있다. 채널 응답 및 잡음 분산은 파일럿 심볼에 대하여 수신된 데이터 샘플에 기초하여 (예를 들어, 파일럿 심볼에 대한 FFT (512) 로부터의 FFT 계수에 기초하여) 추정될 수도 있다.
- [0117] 제어기 (370) 은 점진적인 송신을 위한 레이트 선택 및 시그널링의 다양한 양태들 및 실시형태들을 구현하도록 설계될 수도 있다. 레이트 선택의 경우, 상술한 바와 같이, 제어기 (370) 은 메트릭 \mathcal{P} 에 기초하여 소정의 채널 상태에 대하여 이용될 수도 있는 최대 데이터 레이트를 결정할 수도 있다. 점진적인 송신의 경우, 제어기 (370) 은, 패킷이 수신기 시스템에서 정확하게 복원될 수 없을 경우에 그 패킷의 추가적인 부분을 송신하도록 송신기 시스템에서 이용될 수도 있는 소정의 패킷에 각각의 수신된 송신에 대한 ACK 또는 NACK 를 제공할 수도 있다.
- [0118] 도 1a 및 도 3 은 수신기가 데이터 송신용 레이트를 되송신하는 간단한 설계를 도시한 것이다. 또한, 다른 설계가 구현될 수도 있으며, 이것은 본 발명의 범위 내에 있는 것이다. 예를 들어, 채널 추정치는, 수신된 채널 추정치에 기초하여 데이터 송신을 위한 레이트를 결정할 수도 있는 송신기 (그 레이트를 대신함) 에 송신될 수도 있다.
- [0119] 여기서 설명한 레이트 선택 및 점진적인 송신 기술은 다양한 설계를 이용하여 구현될 수도 있다. 예를 들어, 채널 추정치를 유도 및 제공하도록 이용되는 도 5 의 채널 추정기 (516) 은 수신기 시스템에서의 다양한 엘리먼트에 의해 구현될 수도 있다. 레이트를 결정하기 위한 프로세싱의 일부 또는 전부는 (예를 들어, 메모리 (372) 에 저장된 하나 이상의 룩업 테이블을 이용하여) 제어기 (370) 에 의해 수행될 수도 있다. 또한, 레이트 선택 및 점진적인 송신을 수행하기 위한 다른 설계도 고려될 수 있으며, 이것은 본 발명의 범위 내에 있는 것이다.
- [0120] 여기에서 설명한 레이트 선택 및 점진적인 송신 기술은 다양한 수단에 의해 구현될 수도 있다. 예를 들어,

이들 기술은 하드웨어, 소프트웨어, 또는 이들의 조합으로 구현될 수도 있다. 하드웨어 구현의 경우, 레이트 선택 및/또는 점진적인 송신을 구현하기 위해 이용되는 어떤 엘리먼트는 하나 이상의 ASIC (application specific integrated circuit), DSP (digital signal processor), DSPD (digital signal processing device), PLD (programmable logic device), FPGA (field programmable gate array), 프로세서, 제어기, 마이크로 제어기, 마이크로 프로세서, 여기서 설명한 기능을 수행하도록 설계되는 다른 전자 유닛, 또는 이들의 조합 내에 구현될 수도 있다.

[0121] 소프트웨어 구현의 경우, 레이트 선택 및/또는 점진적인 송신의 어떤 부분은 여기서 설명한 기능을 수행하는 모듈 (예를 들어, 절차, 기능 등) 로 구현될 수도 있다. 소프트웨어 코드는 메모리 유닛 (예를 들어, 도 3 의 메모리 (332 또는 372)) 에 저장되고, 프로세서 (예를 들어, 제어기 (330 또는 370)) 에 의해 실행될 수도 있다. 메모리 유닛은, 당업계에 공지되어 있는 다양한 수단을 통해 프로세서에 통신적으로 커플링될 수 있는 경우에, 프로세서의 내부에 또는 프로세서의 외부에 구현될 수도 있다.

[0122] 개시된 실시형태들에 대한 상기의 설명은 당업자로 하여금 본 발명을 제조 또는 이용할 수 있도록 제공된다.

이들 실시형태에 대한 다양한 변형들은 당업자에게 명백하며, 여기서 정의된 일반적인 원리들은 본 발명의 사상 또는 범주에서 벗어나지 않는 범위내에서 다른 실시형태들에 적용할 수도 있다. 따라서, 본 발명은 여기서 설명된 실시형태들에 한하는 것이 아니라, 여기서 개시된 원리들 및 신규한 특징들과 일치하는 가장 넓은 범위를 부여하려는 것이다.

도면의 간단한 설명

[0123] 본 발명의 특징, 특성, 및 이점은 도면과 함께 후술되는 상세한 설명으로부터 더 명백히 알 수 있으며, 동일한 도면부호는 도면 전반에 걸쳐서 동일한 대상을 나타낸다.

[0124] 도 1a 는 OFDM 통신 시스템의 간략화 모델에 대한 도면이다.

[0125] 도 1b 는 등가 채널을 이용하여 다중경로 채널을 위한 레이트 선택을 그래픽적으로 설명한 도면이다.

[0126] 도 2 는 메트릭 μ 에 기초하여 OFDM 시스템에서 이용하기 위한 데이터 레이트를 선택하는 프로세스의 일 실시형태에 대한 흐름도이다.

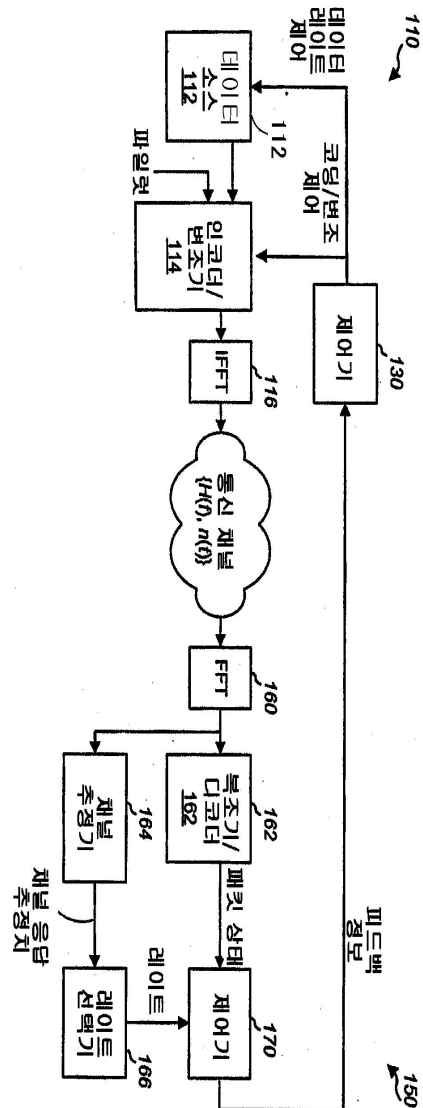
[0127] 도 3 은 본 발명의 다양한 양태 및 실시형태를 구현할 수 있는 송신기 시스템 및 수신기 시스템의 일 실시형태에 대한 블록도이다.

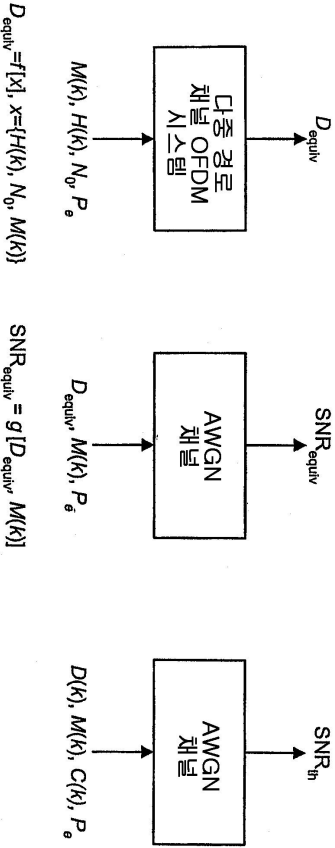
[0128] 도 4 는 송신기 유닛의 일 실시형태에 대한 블록도이다.

[0129] 도 5 는 수신기 유닛의 일 실시형태에 대한 블록도이다.

도면

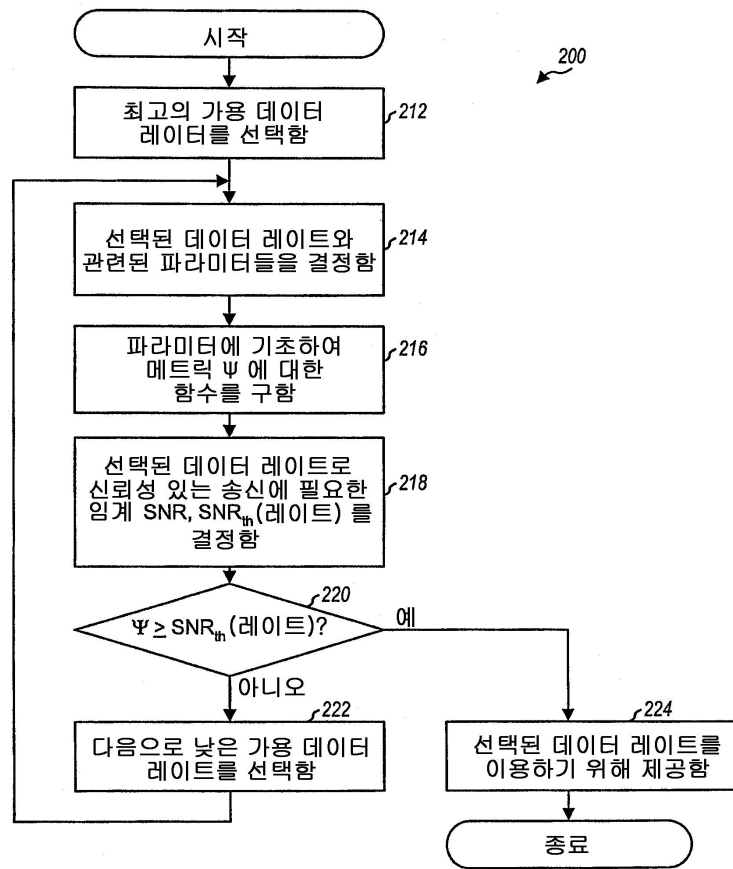
도면1a



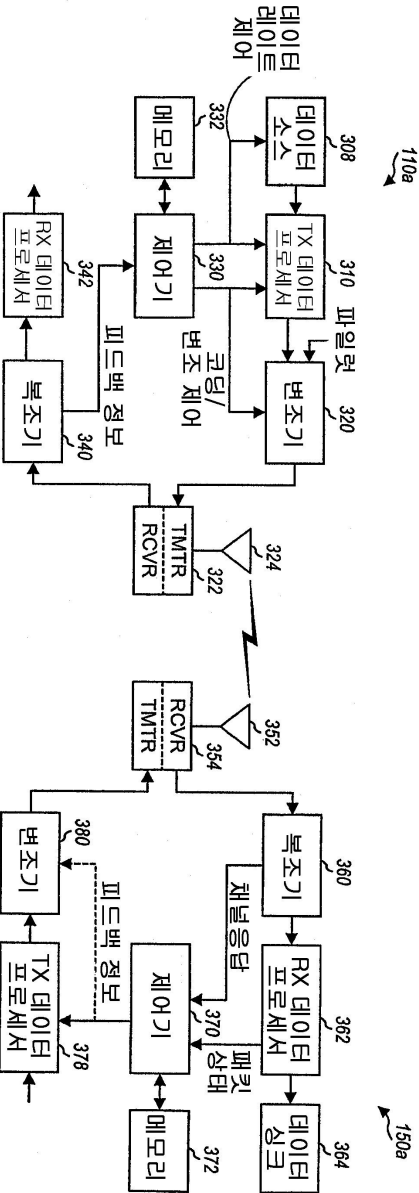


도면1b

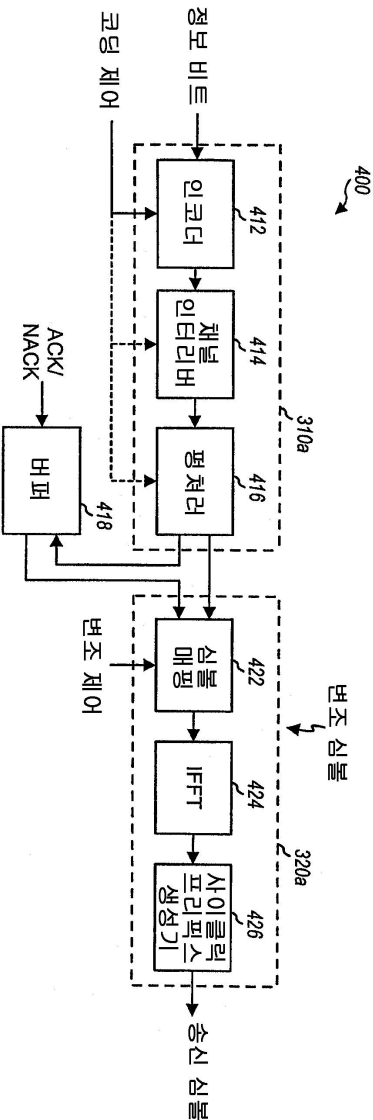
도면2



도면3



도면4



도면5

