



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년08월30일
(11) 등록번호 10-1301756
(24) 등록일자 2013년08월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 17/00 (2006.01) H04B 7/26 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7018810
(22) 출원일자(국제) 2007년02월09일
심사청구일자 2012년02월08일
(85) 번역문제출일자 2009년09월08일
(65) 공개번호 10-2010-0014955
(43) 공개일자 2010년02월11일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2007/051302
(87) 국제공개번호 WO 2008/095543
국제공개일자 2008년08월14일
(56) 선행기술조사문헌
US20060092054 A1*
US20060270360 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
텔레콤 이탈리아 소시에떼 퍼 아찌오니
이탈리아 밀라노 2 피아자 데글리 아파리
(72) 발명자
바르베리스 세르지오
이탈리아 아이-10148 토리노 비아 쥐. 레이스 로
몰리 274 씨/오 텔레콤 이탈리아 소시에떼 퍼 아
찌오니
프리오티 파올로
이탈리아 아이-10148 토리노 비아 쥐. 레이스 로
몰리 274 씨/오 텔레콤 이탈리아 소시에떼 퍼 아
찌오니
(74) 대리인
리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 27 항

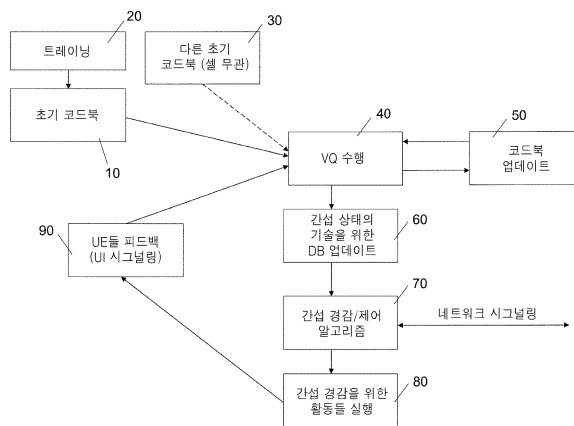
심사관 : 손현용

(54) 발명의 명칭 무선 통신 시스템에서의 동일채널 간섭의 특징화

(57) 요약

사용자 장비들과 통신하도록 구성된 복수의 무선 트랜시버 스테이션들을 포함하는 무선 통신 시스템에서의 간섭을 특징화하는 방법이 이 문서에서 개시되는데, 상기 방법은, 간섭 트랜시버 스테이션들로부터의 간섭을 나타내는 양들을, 서빙 트랜시버 스테이션과 무선 통신하는 사용자 장비에 의해, 측정하는 단계; 상기 서빙 트랜시버 스테이션에게 상기 측정된 양들을 송신하는 단계; 상기 서빙 트랜시버 스테이션에 의해 커버되는 지역에서 각각이 각각의 양자화된 간섭 상태를 나타내는 다수의 코드워드들을 포함하는 적어도 하나의 코드 북을 상기 서빙 트랜시버 스테이션과 결부시키는 단계; 및 상기 사용자 장비에 의해 측정된 상기 양들을 나타내는 코드워드를 상기 코드북에서 식별하는 단계를 포함한다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

사용자 장비들과 통신하도록 구성된 복수의 무선 트랜시버 스테이션(radio transceiver station)들을 포함하는 무선 통신 시스템에서 간섭을 특징화(characterizing)하는 방법에 있어서, 상기 방법은,

- 서빙 트랜시버 스테이션과 무선 통신하는 사용자 장비에 의해, 간섭 트랜시버 스테이션(interfering transceiver station)들로부터의 간섭을 나타내는 양들을 측정하는 단계;
- 상기 서빙 트랜시버 스테이션에게 상기 측정된 양들을 송신하는 단계;
- 상기 서빙 트랜시버 스테이션에 의해 커버되는 영역에서 각자의 양자화된 간섭 상태(interference situation)를 각각이 표현하고 있는 다수의 코드워드(codeword)들을 포함하는, 적어도 하나의 코드북(codebook)을 상기 서빙 트랜시버 스테이션과 연관시키는 단계; 및
- 상기 사용자 장비에 의해 측정된 상기 양들을 나타내는 코드워드를 상기 코드북에서 식별하는 단계를 포함하고,

적어도 하나의 코드북을 상기 서빙 트랜시버 스테이션과 연관시키는 상기 단계는,

- 초기(initial) 코드북을 제공하는 단계; 및
- 상기 코드북을 업데이트하는 단계를 포함하고,

동일한 사용자 장비에 의해 또는 서로 다른 사용자 장비들에 의해 계속하여 측정된 양들 및 상기 코드북 내 대표 코드워드들 간의 차이의 노움을 주어진 경계값 이하로 유지하도록 상기 코드북이 업데이트되는, 간섭 특징화 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 사용자 장비에 의해 측정된 상기 양들을 나타내는 코드워드를 상기 코드북에서 식별하는 상기 단계는,

- 상기 사용자 장비에 의해 측정된 상기 양들에 가장 가까운 코드워드를 선택된 노움(norm)에 기초하여 상기 코드북에서 식별하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭 특징화 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 사용자 장비에 의해 측정된 상기 양들을 나타내는 코드워드를 상기 코드북에서 식별하는 상기 단계는,

- 상기 간섭 트랜시버 스테이션들로부터 동일한 간섭을 수신하는 서로 다른 사용자 장비들에 대한 서로 다른 코드워드들을 식별하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭 특징화 방법.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 사용자 장비에 의해 측정된 상기 양들을 나타내는 코드워드를 상기 코드북에서 식별하는 상기 단계는,

- 상기 간섭 트랜시버 스테이션들로부터 동일한 간섭을 수신하는 서로 다른 사용자 장비들에 대한 동일한 코드워드를 식별하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭 특징화 방법.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 서빙 트랜시버 스테이션은 다수의 물리 자원 블록(physical resource block)들로 구성된 주파수 대역에서 사용자 장비들과 통신하도록 구성되고,

적어도 하나의 코드북을 상기 서버 트랜시버 스테이션과 연관시키는 상기 단계는,

- 코드북을 각각의 물리 자원 블록과 연관시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 간접 특징화 방법.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 서버 트랜시버 스테이션은 다수의 물리 자원 블록(physical resource block)들로 구성된 주파수 대역에서 사용자 장비들과 통신하도록 구성되고,

적어도 하나의 코드북을 상기 서버 트랜시버 스테이션과 연관시키는 상기 단계는,

- 동일한 코드북을 몇몇 물리 자원 블록들과 연관시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 간접 특징화 방법.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 코드북 내 코드워드들의 수는 불변인 것을 특징으로 하는 간접 특징화 방법.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서,

동일한 사용자 장비에 의해 또는 서로 다른 사용자 장비들에 의해 계속하여 측정된 양들 및 상기 코드북 내 대표 코드워드들(representative codeword)들 간의 차이의 노름(norm)을 주어진 경계값(threshold) 이하로 유지하도록, 상기 코드북 내 코드워드들의 수는 가변인 것을 특징으로 하는 간접 특징화 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 코드북을 업데이트하는 상기 단계는,

- 새로운 사용자 장비들이 상기 서버 트랜시버 스테이션에 의해 서비스를 제공받기 시작할 때, 상기 사용자 장비들에 의해 측정되는 양들 및 상기 코드북 내 각각의 대표 코드워드 간의 차이의 노름을 최소화하도록 상기 코드북 내 코드워드들의 부분집합을 불변으로 유지하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 간접 특징화 방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

초기 코드북을 제공하는 상기 단계는,

- 측정된 양들로 이루어진 하나 이상의 집합을 수집하는 단계;
- 상기 집합을 부분집합들로 분할하는 단계;
- 상기 부분집합들의 중심(centroid)들을 계산하는 단계; 및
- 상기 계산된 중심들로써 상기 코드북을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 간접 특징화 방법.

청구항 13

제1항에 있어서,

초기 코드북을 제공하는 상기 단계는,

- 상기 초기 코드북을 의사-랜덤하게(pseudo-randomly) 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭 특징화 방법.

청구항 14

제1항에 있어서,

초기 코드북을 제공하는 상기 단계는,

- 모든 상기 간섭 트랜시버 스테이션들의 같은 간섭 전력을 표현하는 초기 코드북을 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭 특징화 방법.

청구항 15

제1항에 있어서,

초기 코드북을 제공하는 상기 단계는,

- 강한 간섭 전력 상태들을 표현하는 초기 코드북을 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭 특징화 방법.

청구항 16

제1항에 있어서,

초기 코드북을 제공하는 상기 단계는,

- 가장 강한 간섭 트랜시버 스테이션들의 간섭 전력들에서 넓은 동적 범위(dynamic range)를 그리고 가장 약한 간섭 트랜시버 스테이션들의 간섭 전력들에서 작은 동적 범위를 표현하는 초기 코드북을 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭 특징화 방법.

청구항 17

제1항, 제2항 및 제11항 내지 제16항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 사용자 장비는 간섭 트랜시버 스테이션들의 적어도 하나의 부분집합으로부터의 간섭을 나타내는 양들을 측정하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 간섭 특징화 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 적어도 하나의 부분집합은 상기 서빙 트랜시버 스테이션 주위의 간섭 트랜시버 스테이션들의 제1 티어(tier)를 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭 특징화 방법.

청구항 19

제17항에 있어서,

상기 적어도 하나의 부분집합은 상기 서빙 트랜시버 스테이션 주위의 간섭 트랜시버 스테이션들의 상기 제1 티어 및 제2 티어를 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭 특징화 방법.

청구항 20

제1항에 있어서,

- 각각의 식별되는 코드워드에 대하여, 상기 코드북 내 상기 코드워드의 위치(position)를 나타내는 인덱스(index)를 저장하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭 특징화 방법.

청구항 21

제1항, 제2항, 제11항 내지 제16항 및 제20항 중 어느 한 항에 있어서,

● 상기 저장된 인덱스들에 기초하여, 상기 서빙 트랜시버 스테이션에 의해 서비스를 제공받는 사용자 장비들을 상기 서빙 트랜시버 스테이션에 의해 그룹핑(grouping)하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭 특징화 방법.

청구항 22

제21항에 있어서,

- 상기 서빙 트랜시버 스테이션에 의해, 사용자 장비들의 그룹에서 적어도 하나의 대표 사용자 장비를 식별하는 단계; 및
- 상기 서빙 트랜시버 스테이션에 의해, 상기 대표 사용자 장비에게, 상기 간섭 트랜시버 스테이션들로부터의 간섭을 나타내는 상기 양들을 측정하고 송신할 것을 요청하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭 특징화 방법.

청구항 23

제21항에 있어서,

- 상기 서빙 트랜시버 스테이션에 의해, 그룹 내 사용자 장비들에게, 상기 간섭 트랜시버 스테이션들로부터의 간섭을 나타내는 상기 양들을 라운드 로빈(round robin) 방식으로 측정하고 송신할 것을 요청하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭 특징화 방법.

청구항 24

제21항에 있어서,

- 상기 서빙 트랜시버 스테이션에 의해, 상기 서빙 트랜시버 스테이션에 의해 커버되는 영역 내에서 낮은 이동성(mobility)을 가진 그룹 내 사용자 장비들에게, 상기 간섭 트랜시버 스테이션들로부터의 간섭을 나타내는 상기 양들을 측정할 것을 요청하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭 특징화 방법.

청구항 25

제1항, 제2항, 제11항 내지 제16항 및 제20항 중 어느 한 항에 있어서,

각각의 트랜시버 스테이션은 다수의 물리 자원 블록들로 구성된 주파수 대역에서 사용자 장비들과 통신하도록 구성되고,

사용자 장비에 의해, 상기 간섭 트랜시버 스테이션들로부터의 간섭을 나타내는 양들을 측정하는 상기 단계는,

- 상기 사용자 장비에 의해, 각각의 파일럿 채널(pilot channel)들에서 상기 간섭 트랜시버 스테이션들에 의해 전송되는 파일럿 신호(pilot signal)들의 전력들을 측정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭 특징화 방법.

청구항 26

제25항에 있어서,

- 상기 간섭 트랜시버 스테이션들의 물리 자원 블록들에서 상기 간섭 트랜시버 스테이션들에 의해 사용되는 전송 전력들을 상기 서빙 트랜시버 스테이션으로 전달하는 단계; 및
- 상기 서빙 트랜시버 스테이션에 의해, 상기 사용자 장비에 의해 측정된 파일럿 신호들의 전력들에 기초하여 그리고 상기 간섭 트랜시버 스테이션들의 물리 자원 블록들에서 상기 간섭 트랜시버 스테이션들에 의해 사용되는 전송 전력들에 기초하여 상기 사용자 장비의 물리 자원 블록들에서 상기 사용자 장비에 의해 수신되는 간섭 전력들을 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭 특징화 방법.

청구항 27

제25항에 있어서,

- 상기 서빙 트랜시버 스테이션에 의해, 상기 사용자 장비에 의해 측정된 파일럿 신호들의 전력들에 기초하여 그리고 상기 간섭 트랜시버 스테이션들의 물리 자원 블록들에서 상기 간섭 트랜시버 스테이션들에 의해 사용될

수도 있는 최대 전송 전력들에 기초하여 상기 사용자 장비의 물리 자원 블록들에서 상기 사용자 장비에 의해 수신되는 간섭 전력들을 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭 특징화 방법.

청구항 28

사용자 장비들과 통신하고 제1항, 제2항, 제11항 내지 제16항 및 제20항 중 어느 한 항에 따른 간섭 특징화 방법을 구현하도록 구성된 복수의 무선 트랜시버 스테이션들을 포함하는 무선 통신 시스템.

청구항 29

무선 통신 시스템에서 무선 트랜시버 스테이션의 프로세서의 메모리에 로딩가능한 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체로서, 상기 컴퓨터 프로그램이 프로세싱 시스템 상에서 실행될 때, 제1항, 제2항, 제11항 내지 제16항 및 제20항 중 어느 한 항에 따른 간섭 특징화 방법을 구현하기 위한 소프트웨어 코드 부분들을 포함하는, 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체.

청구항 30

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 대체로 무선 통신 시스템들에 관한 것이고, 더욱 구체적으로 셀룰러(cellular) 및 비셀룰러(non-cellular) 무선 통신 시스템들에서의 동일채널 간섭(co-channel interference)의 특징화(characterization), 피드백 감소 및 간섭 경감에 관한 것이다.

[0002] 특히, 본 발명이 유리한 것으로 밝혀질 수도 있는 셀룰러 무선 통신 시스템들은, 비제한적인 적용예로서, 예컨대 소위 제3세대 다음의(beyond-3G(3rd Generation)) 셀룰러 무선 통신 시스템들, 즉 3G 셀룰러 무선 통신 시스템들보다 더 넓은 전송 대역폭을 가진 새로운 세대의 셀룰러 무선 통신 시스템들, 이를 테면 예를 들어 제3세대 파트너십 프로젝트 장기 진화(Third Generation Partnership Project Long Term Evolution; 3GPP LTE) 셀룰러 무선 통신 시스템들으로서 알려진 시스템들이다.

[0003] 본 발명이 유리한 것으로 밝혀질 수도 있는 비셀룰러 무선 통신 시스템들은, 비제한적인 적용예로서, 예컨대 무선 지역 네트워크(Wireless Local Area Network)이고, 특히, 공식적으로 WirelessMAN으로 알려진 IEEE 802.16 표준의 적합성(conformance) 및 상호이용성(interoperability)을 증진시키기 위해 구성된 WiMax 포럼에 의해 정의된 것으로서 그 포럼에 의해 "케이블 및 DSL에 대한 대안으로서 최종 구간(last mile) 무선 광대역 액세스의 전달을 가능하게 하는 표준기반 기술"이라고 설명된 WiMax(Worldwide Interoperability for Microwave Access)이다.

배경기술

[0004] 셀룰러 무선 통신에 기초한 셀룰러 전화 시스템들 및 휴대용/모바일 사용자 장비들/단말들은, 아날로그 방식의 협대역 주파수 분할 다중 액세스(Frequency Division Multiple Access; FDMA) 전송 (제1세대(1G) 셀룰러 무선 통신 시스템)에서, 먼저 디지털 방식의 협대역 주파수 및 시간 분할 다중 액세스(Frequency and Time Division Multiple Access; FDMA/TDMA) 전송 (제2세대(2G) 셀룰러 무선 통신 시스템)으로, 나중에는 디지털 방식의 광대역 코드 분할 다중 액세스(Code Division Multiple Access; CDMA) 전송 (제3세대(3G) 셀룰러 무선 통신 시스템)으로 지난 몇 년 동안 진화하였다.

[0005] 현재는, 3G 셀룰러 무선 통신 시스템들보다 더 넓은 전송 대역폭을 가진 새로운 세대의 셀룰러 무선 통신 시스템들, 이를테면 예를 들어 3GPP LTE 셀룰러 무선 통신 시스템들로 알려진 시스템들에 관한 연구가 진행되고 있다. 전송 대역폭이 증가하면, 트랜시버들은 전형적으로, 사용되는 변조 및 다중화 유형에 따라 자신들의 회로 복잡성이 증가함을 보여준다. 전송 시스템들의 대역폭이 몇 MHz (약 10MHz)보다 크게 되면, 다중캐리어 변조(multi-carrier modulation)가 트랜시버들의 회로 복잡성을 가능한 한 낮게 유지하는데 대개 더 적합하다.

[0006] 특히, 직교 주파수 분할 다중화(Orthogonal Frequency Division Multiplexing; OFDM)는 송신 측 및 수신 측 양 측 상에 있어 주파수 도메인에서 신호들을 처리하는 비용효율적 트랜시버들과 관련하여 사용하기에 특히 적합한 것으로 판명되었다. 더 상세하게, OFDM은 주파수 분할 다중화(frequency-division multiplexing; FDM)의 원리

에 기초하지만, 그것은 디지털 변조 방식으로 구현된다. 구체적으로, 전송될 비트 스트림은 몇몇의 병렬 비트 스트림들로 분할되고, 전형적으로는 몇 다스(dozen)들부터 수천 개까지로 분할된다. 이용가능한 주파수 스펙트럼(spectrum)은 몇몇의 서브채널들로 나누어지고, 각각의 저전송율 비트 스트림은 예를 들어 PSK, QAM 등과 같은 표준 변조 방식을 사용하여 서브캐리어를 변조함으로써 하나의 서브채널 상에서 전송된다. 변조된 데이터 스트림들이 서로에게 직교하도록(orthogonal) 서브캐리어 주파수들이 선택되는데, 이는 서브채널들 간 크로스 토크(cross talk)가 제거된다는 것을 의미한다. 서브캐리어들이 서브캐리어의 심볼 전송율(symbol rate)에 따라 균일하게 간격을 가지는 경우에 이러한 직교성(orthogonality)이 나타난다. OFDM의 주된 이점은 복잡한 등화 필터(equalization filter)들 없이도 심각한 채널 조건들 - 예를 들면 다중경로(multi-path) 및 협대역 간섭(narrowband interference) - 에 잘 대처할 수 있는 능력이 있다는 것이다. 채널 등화(channel equalization)는, 하나의 고속 변조되는 광대역 신호 대신에 다수의 저속 변조되는 협대역 신호들을 사용함으로써 단순화된다. 3GPP LTE 셀룰러 무선 통신 시스템들은 OFDM-기반의 물리 계층을 사용할 것으로 예상된다. 특히 맨 처음의 시스템은 OFDM-기반 하향링크 및 단일-캐리어 주파수 분할 다중 액세스(Single-Carrier Frequency Division Multiple Access; SC-FDMA)-기반 상향링크를 가질 것으로 예상된다.

[0007] 셀룰러 무선 통신 시스템들의 범위를 넘어, 트랜시버들은 큰 대역폭들을 가지는 쪽으로 일찍이 발전하였다. 예를 들어, IEEE802.11 표준 패밀리에 따르는 WLAN은 20MHz 채널을 사용하고, 64-서브캐리어 OFDM 변조를 이용하여 전송한다. 더 구체적으로, WLAN에서, 주어진 주파수 채널이 이미 사용 중일 때 전송을 방지하는 캐리어 감지 다중 액세스/충돌 회피(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance; CSMA-CA)로 불리는 매체 액세스 제어(Medium Access Control; MAC) 프로토콜로써 전송이 제어된다. 이러한 이유 때문에, 주어진 WLAN 셀 내에서, 통상적으로는 서로 다른 트랜시버들 간 어떠한 직접적인 동일채널 간섭도 존재하지 않는다. 더욱이, 핫-스팟(hot-spot) 류의 지역 커버리지(territory coverage)에서, 통상적으로 WLAN 셀들은 물리적으로 분리되어 있어, 대부분의 경우들에서 다른 셀 간섭이 크게 제한된다. 그러나, 3GPP LTE 셀룰러 무선 통신 시스템들에서, OFDM은 WLAN과 비교하여 매우 다른 환경에서 작동될 것이 예상된다. 사실, 연속적 무선 커버리지가 요구되는 셀룰러 무선 통신 시스템에서, 하향링크(DL)에서 트랜시버 스테이션(transceiver station)에 의해 또는 상향링크(UL)에서 단말 또는 사용자 장비(UE)에 의해 전송되는 신호는 이웃 셀들의 서비스 영역과 중첩될(overlap) 수 있다. 반면에, 높은 스펙트럼 효율성에 관한 요구 사항은 실제로 2G 셀룰러 무선 통신 시스템들에서처럼 높은 주파수 재사용의 이용을 방지하여, 그것은 예를 들어 LTE 무선 통신 시스템들에서 주파수 재사용 팩터가, 만약 단위적이지(unitary) 않으면, 낮을 것임이 예상된다. LTE 무선 통신 시스템들에서, 특히 셀 가장자리에서 매우 강한 동일채널, 시스템간 간섭이 존재할 것이고, 만약 적절히 경감되지 않으면 사용자 처리량(user throughput)을 실질적으로 낮출 가능성이 상당하다. 셀간 간섭은, 예를 들어 무선 자원 관리(Radio Resource Management; RRM) 메커니즘들 (즉, 간섭 조정(coordination)) 또는 계층-1 메커니즘들, 이를테면 셀간 간섭의 탐지/차감(subtraction)에 기초한 상쇄(cancellation) 및 다중 안테나들에 의한 공간적 간섭 억제(spatial suppression)를 사용함으로써 경감될 수 있다. 이러한 메커니즘들의 분류는 예를 들어 3GPP TR 25.814 "Physical layer aspect for evolved Universal Terrestrial Radio Access (UTRA)"의 섹션 7.1.2.6에서 파악할 수 있다.

발명의 상세한 설명

[0008] 본 출원인은 간섭 제어 및 경감을 목표로 하는 RRM 메커니즘들이 몇 가지 약점들을 가질 수 있음을 주목하였다. 특히, 하향링크 전송에 관하여 (동일한 결론들이 또한 상향링크 전송에 대해서도 적용된다),

[0009] ● 간섭 제어가 셀 내부의 간섭 상태(interference situation)에 관한 지식에 기초하는 경우, 이것은 여러 번의 간섭 측정들이 (생각컨대 사용자 장비들에 의해) 수행되어야 할 것임을 암시한다. 전체 OFDM 스펙트럼이 서브캐리어 블록들, 더 구체적으로는 일반적으로 물리 자원 블록(Physical Resource Block; PRB)들로 불리는, 연속하는 하나 이상의 OFDM 심벌들에 대한 하나 이상의 서브캐리어들의 부분집합들로 나누어질 때, 사용자 장비들은 각 PRB에 대하여 이러한 측정들을 수행할 수 있거나 또는 PRB들의 수보다 더 작은 수의 측정들을 수행할 수 있다. 이웃 셀들 중 어느 하나로부터 간섭이 생기는지 구별할 수 있는 능력은, 각 사용자 장비가 셀-특유의(cell-specific) 트레이닝 시퀀스(training sequence)들(파일럿 신호 시퀀스들)에 관한 지식을 가져야 한다는 것, 그리고 이전 단계는 필연적으로 사용자 장비에서 메모리 공간과 계산 자원들의 사용 및 결과적인 전력 소비를 야기함을 암시한다;

[0010] ● 간섭 측정들은 서빙 트랜시버 스테이션으로 피드백되어야 할 것이고, 이는 상향링크 대역폭의 활용을 암시한다;

[0011] ● (과도한 계산 및/또는 시그널링 부하 때문에) 간섭 제어를 통해 시스템 처리량의 전체적인 최적화를 달성하

는 RRM 알고리즘들은 그 시스템의 계산 및 시그널링 능력을 넘는다.

- [0012] 그러므로 본 발명의 목적은 상기에서 언급된 약점들 중 적어도 몇 가지를 덜 수 있는 방법론, 특히 단순한 알고리즘들 및 가벼운 계산 부하를 통해 간섭 경감을 수행하게 할 수 있는 방법론을 제공하는 것이다. 그것은 또한 상향링크 시그널링 대역폭의 축소를 가능하게 할 수 있다.
- [0013] 본 발명이, 첨부된 청구항들에서 정의된 바와 같이, 무선 통신 시스템에서 간섭을 특징화하는 방법, 무선 통신 시스템에서 간섭을 경감하는 방법, 및 이 간섭 특징화 방법을 구현하도록 구성된 시스템 및 컴퓨터 프로그램 제품에 관한 것이라는 점에서, 본 발명에 의해 이러한 목적이 달성된다.
- [0014] 본 발명은 사용자 장비들의 위치(position)에 관한 어떠한 정보도 사용할 필요 없이 벡터 양자화(vector quantization)를 이용하여 셀룰러 무선 통신 시스템의 셀 내의 간섭을 맵핑하고 특징화함으로써 전술한 목적을 달성한다. 구체적으로, 본 발명은, 셀룰러 무선 통신 시스템의 트랜시버 스테이션들 - 일반적으로 Node B로 불림 - 의 각각 또는 그룹에서, 그 트랜시버 스테이션에 의해 서비스되는 셀에 존재하는 임의의 간섭 상태를 벡터 양자화를 통해 나타내고 특징화하는 각각의 대표 벡터(representative vector)들에 의해 정의되는 코드워드(codeword)들로서 구성된 코드북(codebook)을 활용하는 것을 제안한다. 코드북 내 각각의 코드워드는 주어진 수의 성분들 (또는 차원들)로 이루어져 있고, 그 성분들 각각은 주어진 간섭 트랜시버 스테이션(interfering transceiver station)의 간섭 전력을 나타내고, 어떤 시간 인스턴트(time instant)에서의 다수의 코드워드 성분들에 의해 가해진 값들은 차원들이 간섭 전력들인 벡터 스페이스(vector space) 내 한 점(point)을 나타낸다.
- [0015] 본 발명의 일 양상에서, 주요 간섭 트랜시버 스테이션들 모두가 고려될 수 있도록 각 코드워드의 성분들의 수가 선택된다.
- [0016] 구체적으로, 주어진 셀 내 사용자 장비들은 그 셀을 감독하는 트랜시버 스테이션에 피드백 메시지들을 송신하는데, 여기서 그 피드백 메시지들은 그 셀 내 사용자 장비들이 주요 간섭 트랜시버 스테이션들의 각 스테이션으로부터 수신한 간섭 전력을 담고 있다. 이들 피드백 메시지들에 기초하여, 그 셀의 간섭 상태가 용인가능한 양자화 오차(acceptable quantization error) 내에서 표현됨을 매 순간마다 보증하도록 코드북은 때때로 동적으로 변화할 수 있다.
- [0017] 바람직하게는, 새로운 사용자 장비들이 셀에 들어갈 때 양자화 오차를 최소화하기 위해 코드워드들의 부분집합이 시간에 불변하게 유지될 수도 있다.
- [0018] 트랜시버 스테이션은 셀 내 사용자 장비들의 각각을 나타내도록 하나의 코드워드를 선택할 수 있고, 코드워드는 또한 하나 이상의 사용자 장비를 나타낼 수 있다.
- [0019] 유리한 점으로 본 발명은, 모든 간섭 트랜시버 스테이션이 자신의 이웃 셀들에 대하여 발휘하는 영향에 관한 충분한 지식에 기초하여 간섭 제어 및 감소 알고리즘들을 개발하는데 사용될 수 있다. 이들 알고리즘들은 또한, 필요한 경우 임의의 PRB들을 통한 방사 간섭 전력(radiated interference power)의 적절한 감소에 관하여 협상하기 위해 서로 다른 트랜시버 스테이션들 간에 메시지들이 교환될 수 있게 하도록 생각되어야 할 것이다. 본 발명은 또한 상향링크 피드백 메시지들을 효과적으로 줄이도록 채택될 수 있다. 특히, 벡터 양자화는 소위 사용자 장비 그룹핑(grouping)을 수행하는데 사용될 수 있다. 구체적으로, 서로 다른 사용자 장비들이 동일 코드워드에 의해 표현되는 피드백 메시지들을 각자의 트랜시버 스테이션에 송신할 때, 그때 이들 사용자 장비들은 함께 그룹핑될 수 있다. 그 후에, 그리고 기결정된 시간 간격 동안, 트랜시버 스테이션은 전체 그룹 대신에 그 그룹의 대표적 샘플로서 작용하는 이들 사용자 장비들 중 단지 하나 또는 몇 개로부터 측정 피드백 메시지들을 요청할 수 있다. 주어진 그룹에 속한 사용자 장비들은 또한, 그 그룹의 멤버들이 겪는 간섭 상태가 보통 상태에서 벗어난 것을(diverge) 서빙 트랜시버 스테이션이 추정할 때까지 라운드 로빈(round robin) 방식으로 피드백 메시지들을 송신할 수 있다.

실시예

- [0026] 다음의 설명은 관련 기술분야에서 숙련된 자가 본 발명을 만들고 사용할 수 있게 하기 위해 제시된다. 실시예들에 대한 다양한 변형예들은 관련 기술분야에서 숙련된 자들에게는 쉽게 파악될 것이고, 여기서의 일반 원리들은 본 발명의 사상 및 범위를 벗어남이 없이 다른 실시예들 및 응용예들에 적용될 수도 있다. 따라서, 본 발명은, 보여지는 실시예들에 제한되는 것으로 의도되는 것은 아니고, 이 문서에서 개시되고 첨부된 청구항들에서 정의된 원리들 및 특징들과 합치하는 가장 넓은 범위가 허용되어야 할 것이다.
- [0027] 부가적으로, 이하에서, 일반성을 상실하지 않으면서, 3GPP LTE 셀룰러 무선 통신 시스템에 대한 언급이 이루어

질 것이고, 여기서 본 발명은 또한 WLAN 또는 WiMAX와 같은 다른 유형의 비셀룰러 시스템 또는 셀룰러 시스템에도 적용될 수 있음을 명확히 한다. 이런 이유 때문에, 네트워크 기반구조(infrastructure)의 부분인 트랜시버 스테이션을 언급할 때, "Node B"라는 용어, 즉 3GPP LTE 셀룰러 무선 통신 시스템들에서 공통적으로 채택되는 용어가 사용될 것이다.

[0028] 한 예로서, 도 1a 및 도 1b는, 3GPP LTE 셀룰러 무선 통신 시스템의 두 개의 Node B들 - Node B1 및 Node B2로 표시됨 - 및 각각이 각자의 Node B에 의해 서비스를 제공받는 두 개의 사용자 장비들 - UE1 및 UE2로 표시됨 - 을 도식적으로 보여주고 있다. 특히, 도 1a는 주파수 분할 이중화-하향링크(Frequency Division Duplexing-Downlink; FDD-DL) 전송 경우를 보여주고 있고, 반면에 도 1b는 주파수 분할 이중화-상향링크(Frequency Division Duplexing-Uplink; FDD-UL) 전송 경우를 보여주고 있다. 부가적으로, 도 1a 및 도 1b 양자 모두에서, 실선들은 유용한 신호들을 나타내고, 반면에 점선들은 셀간 간섭을 나타낸다.

[0029] 고려 중인 통신 시스템에서, OFDMA-기반 하향링크(DL)가 채택되고 그리고 통신 시스템 내 모든 Node B는 각각이 Q개의 성분들로 이루어진 M개 코드워드들(CW)의 집합에 의해 정의되는 코드북(CB)과 연관된다고 가정한다. 그 코드북을 구성하는 코드워드들은 도 2에 보여진다.

[0030] 코드워드는 다음과 같이 표현될 수 있다:

수학식 1

$$C_i = \{C_{i,1}, \dots, C_{i,Q}\}, \quad i = 1 \dots M$$

[0032] 동시에 코드북은 다음과 같이 표현될 수 있다:

수학식 2

$$C = \{C_1, \dots, C_M\}$$

[0034] 단순성을 위하여, 단일의 물리 자원 블록(PRB)이 고려될 것이고 코드북은 그 특정의 물리 자원 블록에 적용되는 것으로 가정할 것이다. 실제 구현에서는, 매 물리 자원 블록에 대하여 하나의 코드북이 필요할 수 있다.

[0035] 코드워드 내 Q개 성분들의 각각은 고려 중인 서빙 Node B와 간섭하는 특정 Node B의 간섭 전력을 나타낸다.

[0036] 본 발명에서, "서빙 Node B의 간섭 Node B들"이라는 표현을 쓰는 경우, 우리는 그 서빙 Node B의 주파수 자원들의 부분집합 또는 동일 집합을 사용할 수 있는 Node B들을 의미하였다.

[0037] 실제 구현에서, 각 코드워드의 성분들은 양자화된 간섭 전력을 나타내는 숫자들이다.

[0038] 부가적으로 셀 내의 각 사용자 장비는 Q개의 서로 다른 간섭 소스들로부터 비롯되는 간섭 전력을 측정한다는 것을 가정하기로 한다. k번째 사용자 장비는, 다음과 같이 표현될 수 있는, Q개의 순서화된 값들의 벡터를 서빙 Node B에 주기적으로 피드백한다:

수학식 3

$$\Phi_{nk} = \{p_1, \dots, p_Q\}$$

[0040] 여기서, n은 시간 인스턴트이고 n과 k에의 $\{p_1, \dots, p_Q\}$ 의 의존성은 표기의 단순함을 위해 생략되었다.

[0041] 그때 벡터 양자화는 코드북에서 피드백 Φ_{nk} 에 관한 하나의 대표 (코드워드)를 알아내는데 사용된다. 유클리드 노름(Euclidean norm)에 기반한 양자화가 채택되면, 대표 코드워드는 다음과 같이 표현될 수 있다:

수학식 4

$$VQ(\Phi_{nk}) = C_i \Leftrightarrow C_i = \arg \min_{1 \leq i \leq M} \left(\sum_{j=1}^Q (C_{ij} - p_j)^2 \right)$$

[0043] 다른 노름 유형들이 또한 본 발명에 적용가능하다. 한 예로서, 다른 유형의 노름이 또한 제안되는데, 여기서 서

로 다른 가중치(weight)들 α 및 β 를 가진 두 간섭자 그룹들을 구별하는 것이 가능하다.

수학식 4a

$$VQ(\varphi_{nk}) = \underline{C}_i \Leftrightarrow \underline{C}_i = \arg \min_{1 \leq i \leq M} \left(\alpha \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^Q (C_{ij} - p_j)^2} + \beta \cdot \sqrt{\sum_{j=Q+1}^Q (C_{ij} - p_j)^2} \right)$$

[0044]

[0045] 간섭 Node B들의 제1 그룹에 대한 차원들(성분들)은 $\{p_1, \dots, p_Q\}$ 이고, 반면에 제2 그룹에 대한 것들은 $\{p_{Q+1}, \dots, p_Q\}$ 이다.

[0046]

각 코드워드 내 성분들의 수 Q는 설계 단계에서 결정되고 특정 요구들에 따라 변할 수도 있지만, 전통적으로 그것은 최소한 서빙 Node B 주위의 간섭 셀들의 제1 티어(tier) 내 셀들의 수만큼 커야 할 것이다. 더 정확한 설계는 서빙 Node B 주위의 간섭 셀들의 제2 티어를 또한 고려할 수 있다. 예를 들어, 6각형 셀 레이아웃의 경우에, 서빙 Node B의 바로 주위에는 6개의 셀들이 있고, 그래서 $Q=6$ 이다. 만약 간섭 셀들의 제2 티어가 고려된다면, 그때는 $Q=18$ 이다. 또한 서로 다른 Q 값들이 실제 구현들에서 채택될 수 있다. 예를 들어 더 단순한 구현들에서는 단지 간섭자(interferer)들의 제1 및 제2 티어 또는 제1 티어의 부분집합만이 고려될 수 있다. 구현자들은 평균적으로 서빙 셀에 대하여 가장 강력한 영향력을 가진 그 서빙 셀의 간섭 Node B들만을 선택하기로 결정할 수 있다.

[0047]

어떤 시간 인스턴트에서의 코드워드의 성분들이 가정하는 값들은 차원들이 간섭 전력들인 벡터 스페이스에서의 한 점을 나타낸다. 코드워드들이 특정의 사용자 장비의 지리적 위치결정에 관한 어떠한 정보도 포함하지 않고, 단지 그 사용자 장비가 받는 간섭 전력에 관한 정보만을 포함한다는 것을 강조하는 것이 중요하다. 주어진 시간 인스턴스 n에서, 셀 내부의 사용자 장비들의 지리적 위치들 및 코드워드들 간의 대응관계(correspondence)가 있지만, 이것은 일반적으로 양방향-일의적(bi-univocal) 대응관계가 아니다. 이 개념은 도 3에 예시되어 있는데, 여기서 3개의 서로 다른 사용자 장비들에 관하여 동일한 경로손실(path-loss)을 가진 단일의 간섭 Node B를 가진다고 가정된다. 이 경우에, 그 3개의 사용자 장비들은, 비록 지리적으로 그 셀에서의 서로 다른 점들에 위치함에도 불구하고, 동일한 간섭 전력을 받고 있으며 따라서 동일한 대표 코드워드를 가진 피드백 메시지들을 그 Node B에게로 송신한다. 일반적으로, 동일 코드워드에 표현되는 두 사용자 장비들에 의해 보여지는 간섭 상태는 서로에게 매우 근접할 것을 필요로 하지 않고, 그 두 피드백 벡터들이 일정한 각자의 거리(distance)를 가진다는 것을 의미할 수 있어, 약간 다를 수 있다.

[0048]

코드북 내 코드워드들의 수 M은 시간에 대해 불변 또는 가변일 수 있고, 일반적으로 M이 더 높을수록 평균 벡터 양자화 오차가 더 적어지는 결과를 낳는다. 보다 명확히 말하면, M은 셀 내 사용자 장비들이 겪는 (전력 벡터로서 의도되는) 모든 간섭 상태에 대한 평균 양자화 오차가 주어진 경계값(threshold) 이하가 되도록 하는 식으로 설계되어야 하고, 여기서 그 양자화 오차는 다음과 같이 정의될 수도 있다:

수학식 5

$$\varepsilon(\varphi_{nk}) = \sqrt{\sum_{j=1}^Q (C_{ij} - p_j)^2}, \quad VQ(\varphi_{nk}) = \underline{C}_i$$

[0049]

[0050] Node B가 처음에 활성화될(activated) 때, 각각의 코드북은 표준 값들로 기설정된다. 이하에서, 편리한 초기화(initialization)에 관한 몇 가지 예들이 주어진다:

[0051]

● 서로 다른 간섭 셀들의 간섭 전력에 관한 다수 측정들의 수집결과는 (벡터 양자화 이론으로부터 잘 알려진 바와 같이) 부분집합들로 분할될 벡터 스페이스로서 사용될 수 있고, 그때 파티션(partition)들(부분집합들)의 중심(centroid)들은 초기화를 위한 코드북을 구성한다. 이러한 식으로 획득된 코드북은 셀 형상에 의존적일 수 있을 것이고 그러한 것으로서 적어도 하나의 코드북이 매 형상에 대하여 이용가능하여야 할 것이다. 만약 측정들이 특정 셀에 관한 것이라면, 코드북이 내부에서 사용될 것이고, 그러면 그것은 네트워크가 셀-특유의 트레이닝 국면을 포함하는 정책을 채택함을 의미한다. 그렇지 않으면, 셀-특유의 코드북에 반대되는 일반적인 것이 사용

될 것이다;

- [0052] ● 초기(initial) 코드북은 이를테면 매우 강한 간섭 상태들, 예를 들어 간섭 Node B들로부터의 경로 손실이 매우 낮을 때 사용자 장비들이 경험하는 간섭을 표현하도록 결정될 수 있다. 간섭 제어 알고리즘의 종류에 따라, 이러한 종류의 코드북은 Node B가, 적어도 셀 주변에서, 초기에 큰 주파수 재사용 팩터를 채택하도록 만들 수 있다;
- [0053] ● 초기 코드북은 의사-랜덤으로(pseudo-randomly) 생성될 수 있다.
- [0054] ● 초기 코드북은 이를테면 모든 간섭 Node B들의 같은 간섭 전력을 표현하기 위한 것일 수 있다. 예를 들어, 일정 수의 코드워드들은, 간섭 Node B들의 제1 티어에 대응되어야 할, 그들의 행들 모두 또는 그 행들의 일부에서 동일한 값을 가질 수 있다. 그렇지 않으면, 각 코드워드는 (오직 특정의 Node B로부터의 간섭 기여분들을 표현하는 것에 관하여) 0(zero)과 다른 단지 하나의 행만을 가질 수 있다.
- [0055] ● 초기 코드북은, 지리적으로 더 가까운 Node B들과 일치할 수 있는 가장 강력한 간섭 Node B들의 간섭 전력들을 기술하는 값들에서 더 넓은 동적 범위(dynamic range)를 표현하기 위한 것일 수 있다. 더 떨어져 있는 Node B들 예컨대 간섭 Node B들의 제2 티어에 있는 Node B들을 기술하는 값들에 더 작은 동적 범위가 주어질 수 있다. 셀 내부에서의 사용자 장비의 움직임이 그 셀에 더 가까운 간섭 Node B들에 대하여 거리에 있어 더 큰 상대적 변동을 의미하는 것임을 생각해 볼 때 이 구성은 이해될 수 있다. 수신된 간섭 전력의 편차는 간섭 Node B가 셀 경계의 근처에 있는 경우에 대체로 크다. 반면에 그 편차는 간섭 Node B가 셀 경계로부터 더 떨어져 있는 경우에 더 작다.
- [0056] ● 셀을 일정 수의 영역들로 나누는 것 (예: 6각형 셀을 그 중심에 모를 가진 6개의 삼각 대칭 영역들로 나누는 것) 그리고 나서 각 영역에 코드워드들을 고르게 분배하는 것으로 이는 모든 간섭 Node B가 같은 양의 평균 전력을 전송함을 가정함.
- [0057] 초기화 후에, Node B는 그 Node B에 의해 통제되는 셀 내의 사용자 장비들로부터의 피드백 메시지들에 기초하여 코드북을 업데이트한다. 피드백 메시지들은 주요 간섭 Node B들의 각각으로부터 셀 내 사용자 장비들이 수신한 간섭 전력을 담을 수 있다. 셀 내 사용자 장비들이 받는 간섭이 변할 때, 코드북은, 평균 벡터 양자화 오차를 제한하도록, 변경될 수 있다. 코드북을 동적으로 업데이트하기 위한 알고리즘들이 과거에 예컨대 음성 인식 (voice recognition) 분야에서 사용되었고 문헌(예: Allen Gersho, Robert M. Gray, *Vector Quantization and Signal Compression*, Kluwer Academic 출판사, p. 602, p. 620)에 기술되어 있다. 관찰된 측정들로 코드북이 수렴하는(converge) 속도는 간섭 제어를 위해 사용되는 알고리즘의 유형에 그리고 피드백 체인(chain)의 전체적인 구성에 의존한다. 예를 들어, 만약 사용자 장비 그룹핑이 수행된다면, 코드북 수렴(convergence)은 너무 빠를 수는 없고, 그렇지 않으면 이는 사용자 장비 그룹핑 그 자체에 불안정성(instability)을 야기할 것이다 (왜냐하면 빠른 수렴은 그룹핑이 수행되어지는 코드워드들에서 큰 그라디언트(gradient)를 암시하기 때문이다). 그러나, 동적 코드북 진화(evolution)의 전체적인 효과는 더 많은 수의 코드워드들이 측정 밀도(density)가 더 높은 벡터 스페이스의 그들 영역들 쪽으로 수렴한다는 것이다.
- [0058] 선택적으로, 코드북 내 코드워드들의 부분집합이 불변으로 유지될 수도 있는데, 즉 그것들은 그 코드북의 동적 진화에 참여하지 않거나, 또는 그것들은 엄격하게 불변일 수는 없지만 제한된 범위의 가변성(variability)을 가질 수 있다. 추가로, 새로운 사용자 장비들이 그 셀에 의해 서비스를 제공받기 시작할 때 양자화 오차를 최소화하기 위하여, 이들 불변의 또는 준-불변의(quasi-invariable) 코드워드들은 초기에 그 셀의 모든 영역들에 분포될 수도 있다 (왜냐하면 그것들은 그 셀 내부의 임의의 위치에서 전원을 켜거나 또는 그 셀에 진입하는 임의의 사용자 장비에 상대적으로 가까워야 할 것이기 때문이다). 그것들의 기능은 그 코드북이 그것들 쪽으로 수렴할 때까지의 일시적인 시기에서 특히 중요하다.
- [0059] 전술한 설명은 사용자 장비들이 모든 주요 간섭 Node B들로부터 비롯되는 간섭 전력, 즉 고속 페이딩(fast fading)의 빠른 변화(variation)들에 의해 영향을 받지 않는 장기의(long-term) 평균 간섭 전력을 측정할 수 있다는 가정에 기초한다. 간섭 전력 측정, 직교성(예: 코드, 주파수 또는 시간 직교성)에 기초하여 분리가능한 셀-특유의 파일럿 신호들에 관한 사용자 장비들의 지식에 의해 가능해진다. 다른 측면에서, Node B들은 "체스판 패턴"(chessboard pattern) 전송 방식(셀간 간섭이 간섭자들의 제2 티어 또는 더 적은 부분으로 제한될 때 특정 시간 인스턴트들이 존재하는 전송 방식)으로 구성되어, 각 간섭 Node B로부터의 간섭 전력이 측정될 수 있음을 보증할 수 있다. PRB들이 이미 주파수에 있어서 분리되기 때문에, 원칙적으로 파일럿 신호들이 PRB 전용(PRB-specific)임이 필요하지는 않다.

- [0060] 일정한 천이 시간(transition time) 후에, Node B는, 제한된 양자화 오차 내에서 자신이 서비스를 제공하고 있는 사용자 장비들의 모든 간섭 상태들을 끊임없이 표현할 수 있어야 하는 추적 모드(tracking mode)에 진입한다. 추적 모드에서, 시스템은 다음과 같이 작동하도록 가정된다:
- [0061] ● 피드백에 대하여 스케줄링된 각 사용자 장비는, 가장 최근의 측정 기간에 관하여 일련의 측정 값들을 Node B에 송신한다;
- [0062] ● Node B는 피드백 메시지에 대하여 대표 코드워드를 찾기 위해 그 피드백 메시지의 벡터 양자화를 수행한다;
- [0063] ● Node B는 서비스 제공받는 모든 사용자 장비들을 표현하는 간섭 데이터베이스에, 벡터 양자화 이후 식별된 코드워드들에 대한, 코드북 내 식별된 코드워드들의 위치를 표현하는 인덱스(index)들만을 저장하고, 따라서 제한된 양의 메모리를 필요로 한다.
- [0064] ● Node B는 예컨대 Allen Gersho, Robert M. Gray의 "*Vector Quantization and Signal Compression*" (Kluwer Academic 출판사, p. 602, p. 620)에 기술된 기결정된 기준(criterion)에 따라 그 코드북을 동적으로 업데이트한다.
- [0065] 사용자 장비들에 의해 송신된 피드백 메시지들의 수를 줄이기 위한 몇몇 가능한 전략들이 이 아래에서 기술된다:
- [0066] ● 만약 사용자 장비들에 의해 송신된 피드백 메시지들을 분석하는 경우, 하나 이상의 사용자 장비가, 주어진 경계값 이하로 노음을 갖는 차이를 가지는 서로 다른 코드워드들에 의해 또는 동일한 코드워드에 의해 표현되는 간섭 전력을 받고 있다는 것이 보여진다면, Node B는 그 사용자 장비들을 그룹핑할 것을 결정할 수 있다. 그러면 Node B는 그룹 내 모든 사용자 장비들에게 피드백 메시지를 요청하지 않고, 단지 하나 또는 몇 개의 대표 사용자 장비들에게만 피드백 메시지를 요청할 수 있다. 그러면, 최대 시간 간격이 경과한 후에, 결국 최신의 피드백 메시지들이 모든 사용자 장비들에게 요청된다;
- [0067] ● 이전 포인트에서 기술된 방법은 라운드 로빈 방식으로 그룹 내 사용자 장비들로부터의 피드백 메시지들을 요청함으로써 더 향상될 수 있다. 하나 이상의 사용자 장비들이 그 그룹의 평균 간섭 상태로부터 벗어나기 시작할 때 그 그룹은 변경된다;
- [0068] ● 이전 포인트들에서 상세화된 방법은 선택적으로, 낮은 이동성을 가진 사용자 장비들로 한정될 수 있다. 사용자 장비의 이동성의 추정은 그 사용자 장비에 의해 송신된 과일렛 신호들의 도플러 이동(Doppler shift)에 기초하여 수행될 수 있다. 그러나 이는 각 사용자 장비가 정확한 캐리어 주파수 레퍼런스(carrier frequency reference)를 가진다는 가정에 기초한다. 그렇지 않으면, 정확하지 않은 이동성 추정이 각 사용자 장비에 대한 대표 코드워드에 기초하여 실행될 수 있다: 사실, 만약 대표 코드워드가 느리게 변한다면, 이동성이 제한되어 있음을 가정할 수 있다.
- [0069] 간섭 데이터베이스는 Node B가 간섭 제한/제어를 위해 어떤 활동들을 시도할지를 결정하기 위한 기초이다. 예컨대 RRM 수준(level)에서 작용하는 알고리즘을 사용함으로써, 그 활동들이 실행될 때, 일정 지연시간(delay) 후에, 사용자 장비들은 새롭게 관찰되는 간섭 측정결과들을 포함하는 새로운 피드백 메시지들을 Node B에게로 송신하고 코드북은 그 새로운 관찰결과들 쪽으로 수렴하기 시작한다.
- [0070] 현실의 구현에 있어서, 코드북은 각 PRB 또는 PRB들의 그룹에 대하여 존재한다.
- [0071] 전체적인 동일채널 간섭 특징화 프로세스는 도 4에서 도식적으로 볼 수 있고, 여기서 블록(40)은 트레이닝(training) 단계(20) 후에 획득된 초기 코드북(10)에 기초하여 또는 셀에 무관한 다른 초기 코드북(30)에 기초하여 실행되는 벡터 양자화를 나타내고, 블록(50)은 코드북 업데이트를 나타내고, 블록(60)은 간섭 상태의 기술에 대한 데이터베이스 업데이트를 나타내고, 블록(70)은 간섭 경감/제어 알고리즘의 실행 및 해당 네트워크 시그널링(이웃 Node B들로부터의 요청들 및 이웃 Node B들 쪽으로의 출력들)을 나타내고, 블록(80)은 간섭 경감을 위한 활동들의 실행을 나타내며, 그리고 블록(90)은 상향링크 시그널링, 즉 Node B들에게로 사용자 장비들에 의해 송신되는 피드백 메시지들을 나타낸다.
- [0072] 이 아래에서, 본 발명에 관한 4개의 특정 실시예들이 기술되는데, 이들 중 2가지는 서빙 트랜시버 스테이션의 전체 전송 대역폭에 대한 단일 코드북의 사용, 즉 주어진 PRB 또는 PRB들의 그룹에 대하여 특유하지(specific) 않은 코드북의 사용을 수반한다.
- [0073] 도 5에서 보여지는 첫 번째 실시예에서, 사용자 장비는 모든 간섭 Node B에 대하여 특유의 PRB에서 간섭 전력을

측정하지 않는다. 대신에 그것은 셀-특유의 파일럿 신호들을 전송하는 공통의 (방송(broadcast)) 파일럿 채널 상에서의 간섭 전력만을 측정한다. 그 후에 사용자 장비는 단지 Q개 필드들만을 가진 피드백 메시지를 송신하고, PRB-특유의 피드백 메시지를 송신하지는 않는다. 각 간섭 Node B가 이웃 Node B들에게, 그것이 활발하게 사용하고 있는 PRB들 및 가능하다면 그것이 매 PRB 상에서 전송하고 있는 전력이 무엇인지에 관하여 알려준다고 가정된다. 이러한 식으로, 서빙 Node B는, 매 PRB에 대하여, 자신의 셀 내 각 사용자 장비가 어떤 간섭 전력을 받는지를 추정할 수 있다. 특정 PRB에 대한 간섭 전력은 모든 간섭자들의 기여분들의 합이다. 하나의 간섭자의 기여분은 특정 PRB에 대한 전송 전력으로, 이는 그 특정 사용자 장비가 그 간섭자에 대하여 측정한 감쇠(attenuation)보다 작다. 더 자세하게는, 이것들은 다음과 같이 표현될 수 있다.

[0074] 일정한 시간 주기성(periodicity)으로 모든 Node B는 셀-특유의 파일럿 시퀀스 $T_i = \{\theta_1, \dots, \theta_\tau\}$ 를 전송함을 가정하기로 하는데, 여기서 τ 는 시퀀스 길이이다. 그리고 나서 고려되는 사용자 장비가 주요 간섭 Node B들의 Q개의 파일럿 시퀀스들에 관한 지식을 가지는 것으로 가정하기로 한다. 그러면 그 사용자 장비는 Q개의 알려진 파일럿 시퀀스들의 각각에 대하여 수신 전력을 주기적으로 측정할 수 있다. 측정된 수신 전력의 벡터는 정확히 이전 수학식 3의 형태를 취할 것이다.

[0075] 만약 모든 Node B들이 동일한 파일럿 신호 전력을 전송한다고 가정하면, 측정된 전력들의 벡터는 각 간섭자에 의해 보여지는 장기 평균 감쇠에 반비례한다. 대수적 단위에서 (즉, 데시벨(decibel)), 역(inversion)을 취하면 부호의 변경(change of sign)이 되고:

수학식 6

[0076]
$$A_{nk} = \{\pi_p + \eta - p_1, \dots, \pi_p + \eta - p_Q\} = \{a_{k1}^{(n)}, \dots, a_{kQ}^{(n)}\}$$

[0077] 여기서 스칼라 π_p 는 전송 안테나에서의 파일럿 신호 전력을 나타내고, η 는 시스템에서 전력 표준화(power normalization)를 위해 사용되는 선택적 항이고, 이는 또한 파일럿 신호 상에서 가능한 전력 제어 메커니즘을 고려하여야 할 것이다.

[0078] k번째 사용자 장비는 자신의 서빙 Node B에 벡터 A_{nk} 를 주기적으로 피드백한다. 그때 이웃 Node B들의 각각은

서빙 Node B에게 벡터 $P_i = \{\pi_{i1}, \dots, \pi_{iN}\}$ 를 시그널링하고, 여기서 i는 그 Node B의 인덱스이고, N은 PRB들의 총 수이며, 그리고 π_{ij} 는 i번째 Node B가 j번째 PRB 상에서 전송하는 전력의 양자화된 버전이다 (시그널링 관례(signalling conventions)에 따라, 값 $\pi_{ij} = 0$ 은 i번째 Node B가 j번째 PRB를 사용하지 않음을 나타내는데 사용될 수 있다).

[0079] 각 타임 인스턴트 n에 대하여, m번째 PRB에서 k번째 사용자 장비가 받는 간섭 전력은 서빙 Node B에 의해 (대수적 단위로) 다음과 같이 추정될 수 있다:

수학식 7

[0080]
$$\sigma_{km} = 10 \log_{10} \sum_{i=1}^Q 10^{\frac{\pi_{im} - a_{ki}}{10}}$$

[0081] 여기서, 시간-의존성은 모든 항들에서 의도적으로 생략하였다 (인덱스 n).

[0082] 또한 주어진 간섭 Node B에 대하여 특유한, PRB 당 간섭 전력에 대한 기여분들을 계산하는 것이 가능하다. m번째 PRB에서 k번째 사용자 장비가 받는 간섭 전력으로서 i번째 Node B이 일으키는 간섭 전력은 서빙 Node B에 의해 (대수 단위로) 다음과 같이 추정될 수 있다:

수학식 8

[0083]
$$S_{kmi} = \pi_{im} - a_{ki}, \quad 1 \leq i \leq Q$$

[0084] 이 실시예는 상당한 성능 손실 없이 팩터 N만큼 상향링크 피드백의 감소를 가능하게 하는데, 그 이유는 고속 페이딩 감쇠는 PRB에 의존하는 반면에, 장기 감쇠는 본질적으로 전체 대역폭 상에서 일정하기 때문이다. 게다가, 이 실시예는 사용자 장비들의 하드웨어의 단순화 및 전력 소비 감소를 가능하게 한다.

[0085] 두 번째 실시예는 간섭 전력에 대한 비관적(pessimistic) 추정예 기초하고 Node B들 간 전체 시그널링의 상당한 감소가 얻어질 수 있게 한다. 특히, 첫 번째 실시예를 단순화한 것으로 간주할 수도 있는 이 두 번째 실시예에서, 이웃 Node B들이 벡터 P_i 를 시그널링하지 않는다고 가정하거나 또는 오직 가장 가까운 것들 (간섭자들의 제 1 티어)만이 시그널링한다고 가정한다. 이 경우에, 수학식 7은 다음의 수학식에 의해 대체될 수도 있다:

수학식 9

$$\sigma_{km} = 10 \log_{10} \sum_{i=1}^Q 10^{\frac{\tilde{\pi}_{im} - a_{ki}}{10}}, \quad \tilde{\pi}_{im} = \begin{cases} \pi_{im} & (\text{이 값이 알려져 있는 경우}) \\ \pi_{\max} & (\pi_{im} \text{이 서빙 Node B에 알려져 있지 않은 경우}) \end{cases}$$

[0086] 여기서 π_{\max} 는 하나의 PRB 상에서 전송될 수 있는 최대 전력 값이다.

[0087] 또한 하나의 간섭 Node B에 대하여 특유한 간섭 전력 기여분들을 정의하는 것이 가능하다. m번째 PRB에서 k번째 사용자 장비가 받는 간섭 전력으로서 i번째 Node B이 일으키는 간섭 전력은 서빙 Node B에 의해 (대수 단위로) 다음과 같이 추정될 수 있다:

수학식 10

$$s_{kmi} = \tilde{\pi}_{im} - a_{ki}, \quad \tilde{\pi}_{im} = \begin{cases} \pi_{im} & (\text{이 값이 알려져 있는 경우}) \\ \pi_{\max} & (\pi_{im} \text{이 서빙 Node B에 알려져 있지 않은 경우}) \end{cases}, \quad 1 \leq i \leq Q$$

[0089] 세 번째 실시예 - 이는 첫 번째 실시예의 확장으로서 간주될 수도 있음 - 에서, 측정 및 피드백은, 측정을 벡터-양자화(vector-quantize)하기 위해 사용되는 하나의 코드북을 이용하여, 첫 번째 실시예에서처럼 수행되고, 차례로 벡터 양자화의 결과들은 사용자 장비들을 그룹핑하는 것 및 다른 목적들(예컨대 일반적으로 간섭 Node B가 주어진 사용자 장비에 대하여 무시해도 좋을 정도의 영향력을 가지는지 여부를 평가하는 것)을 위해 사용될 수 있다. 그러면 수학식 8에서 정의된 성분들을 갖는 벡터들을 벡터-양자화하기 위해 사용된 부가적 코드북들이 PRB 당 하나의 양으로 존재한다. 벡터 양자화의 결과는 간섭 경감 프로세스에서 유용하다. 이들 부가적 코드북들에 부가적으로 또는 이와 다르게, 수학식 7에 정의된 성분들을 갖는 벡터들을 벡터 양자화하기 위한 하나의 단일 코드북이 존재할 수 있다. 벡터 양자화의 결과는 간섭 경감 프로세스에서 유용하다. 주목하여야 할 중요한 점은 이 세 번째 실시예는 상향링크 피드백 대역폭 감소 및 사용자 장비에서의 하드웨어 복잡성 및 전력 소비의 감소라는 이점들을 충분히 유지한다는 점이다. Node B에서 존재하는 코드북들의 수가 더 많아진다는 것은 단지 그 Node B에 대한 하드웨어 복잡성이 증가된다는 것을 의미한다.

[0091] 네 번째 실시예 - 이는 두 번째 실시예의 확장으로서 간주될 수도 있음 - 에서, 하나의 코드북이 측정들을 벡터-양자화하기 위해 사용되고, 차례로 벡터 양자화의 결과는 사용자 장비들을 그룹핑하는 것 및 다른 목적들을 위해 사용될 수 있다. 그때, 부가적 코드북들이 각 PRB에 대하여 존재하고 그리고 수학식 10에 정의된 성분들을 갖는 벡터들을 벡터 양자화하기 위해 사용된다. 부가적으로 또는 이와 다르게, 수학식 9에 정의된 성분들을 갖는 벡터들을 벡터 양자화하기 위한 하나의 단일 코드북이 존재할 수 있다. 이전 경우에서처럼, 또한 이 네 번째 실시예는 상향링크 피드백 감소 및 사용자 장비들에서의 하드웨어 복잡성 감소의 견지에서 이점들을 충분히 유지한다.

도면의 간단한 설명

[0020] 본 발명에 관하여 더 잘 이해하기 위해, 오로지 예시의 방식으로 쓰여지고 제한적으로 해석되지 않을 바람직한 실시예가 이제 첨부된 도면들을 참조하여 기술될 것이고, 그 첨부된 도면들에서,

[0021] 도 1a 및 도 1b는 셀룰러 무선 통신 시스템의 2개의 Node B들 및 각 Node B에 의해 서비스를 제공받는 2개의 사

용자 장비들 간의 각각 FDD-DL 및 FDD-UL 전송 경우를 도식적으로 보여주고 있고;

[0022] 도 2는 도 1의 셀룰러 무선 통신 시스템의 Node B와 연관된 코드북을 보여주고 있고;

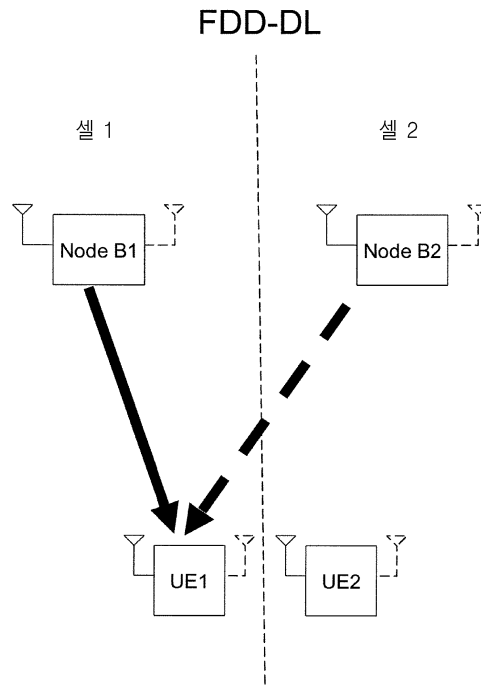
[0023] 도 3은 간섭 Node B와 동일한 대역 코드워드를 가진 피드백 메시지를 그 Node B에 송신하는 3개의 사용자 장비들을 수반하는 간섭 시나리오를 도식적으로 보여주고 있고;

[0024] 도 4는 서빙 Node B 및 간섭 Node B들 및 사용자 장비들 간에 Node B 간 네트워크 시그널링 및 상향링크 무선 인터페이스 시그널링을 도식적으로 보여주고 있으며; 그리고

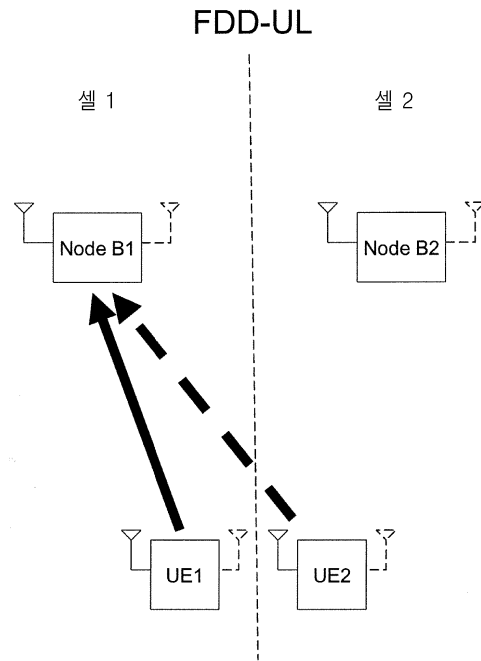
[0025] 도 5는 본 발명의 동작 원리에 관한 블록 다이어그램(block diagram)을 보여주고 있다.

도면

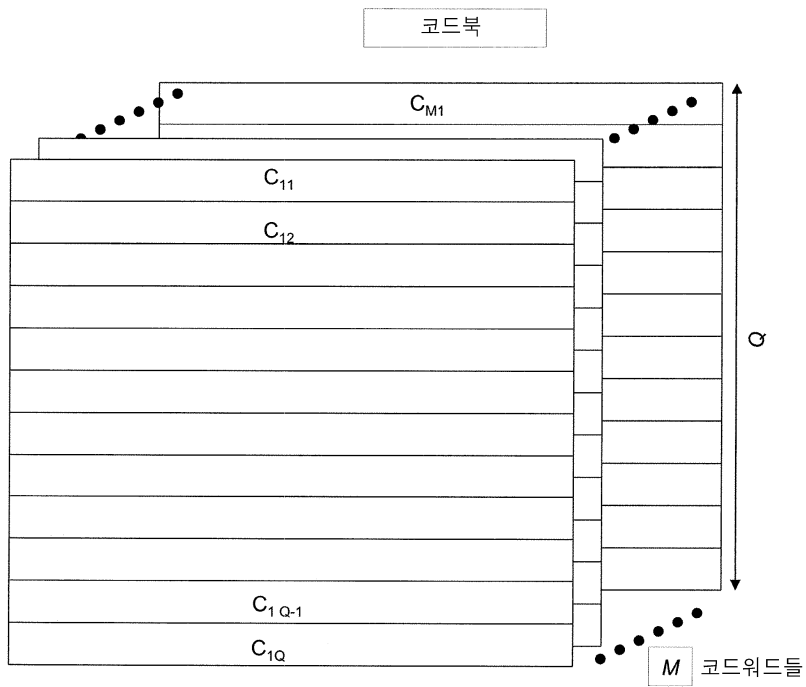
도면1a



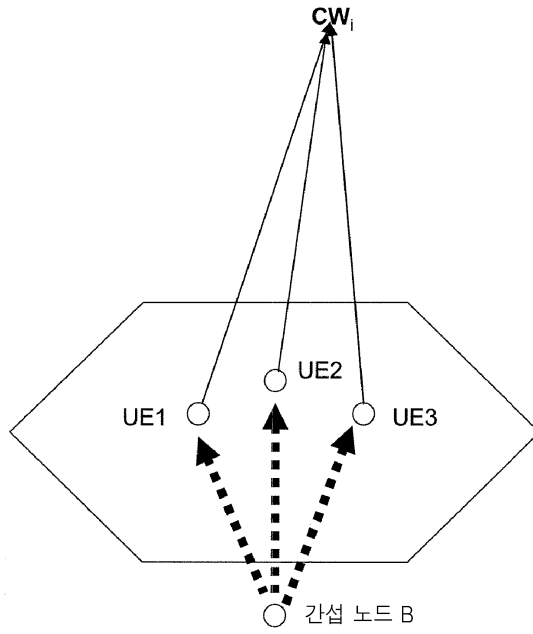
도면1b



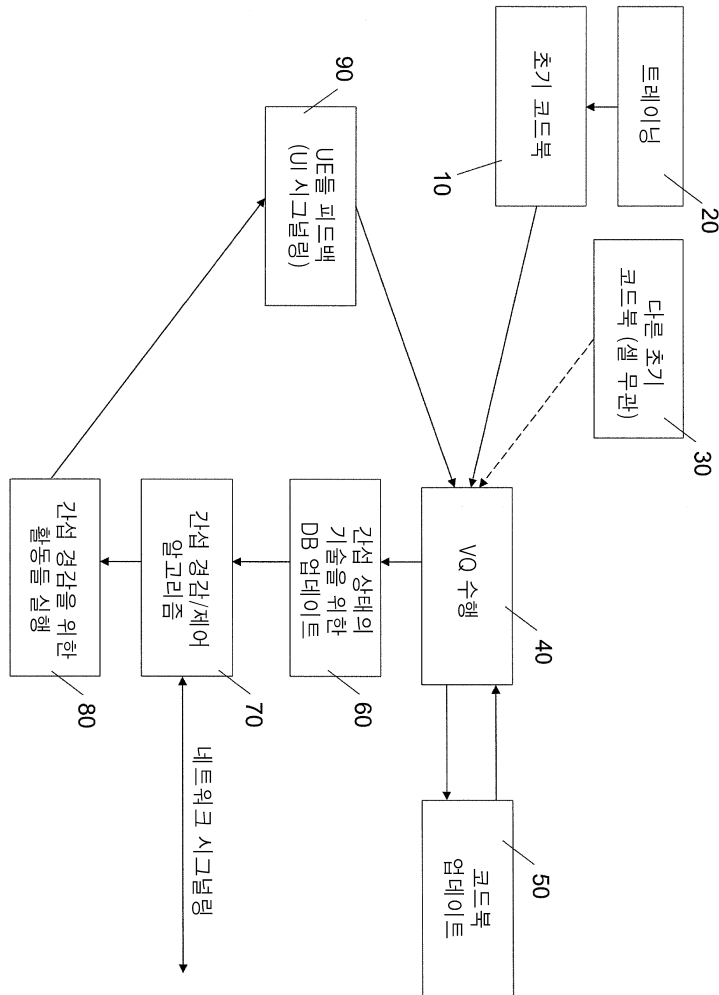
도면2



도면3



도면4



도면5

