



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년10월04일  
(11) 등록번호 10-1897596  
(24) 등록일자 2018년09월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04W 72/12 (2009.01) H04W 72/04 (2009.01)  
(21) 출원번호 10-2014-7021343  
(22) 출원일자(국제) 2011년12월29일  
심사청구일자 2016년09월23일  
(85) 번역문제출일자 2014년07월29일  
(65) 공개번호 10-2014-0111317  
(43) 공개일자 2014년09월18일  
(86) 국제출원번호 PCT/EP2011/074266  
(87) 국제공개번호 WO 2013/097904  
국제공개일자 2013년07월04일  
(56) 선행기술조사문헌  
US20110170642 A1\*  
Tian Lan et al., "Resource Allocation and Performance Study for LTE Networks Integrated with Femtocells", IEEE Globecom 2010 proceedings(2011.01.11.)\*  
WO2011085817 A1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
텔레콤 이탈리아 소시에떼 퍼 아찌오니  
이탈리아 밀라노 20123 비아 가에타노 네그리 1  
(72) 발명자  
아콘지아지오코 지오반니  
이탈리아 아이-88900 크로톤 (케이알) 비아 쥐.  
코리글리아노 5  
안드레오치 마테오 마리아  
이탈리아 아이-56122 피사 비아 카루소 디아이피.  
잉게그네리아 델린포르마치오네 유니베르시타 디 피사  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
리엔특특허법인

전체 청구항 수 : 총 14 항

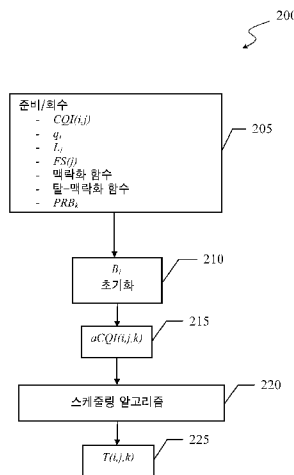
심사관 : 최상호

(54) 발명의 명칭 무선 통신 네트워크들을 위한 스케줄링 알고리즘

(57) 요약

무선 통신 네트워크 (100) 내에서 리소스들 할당을 스케줄링하는 방법 (200)이 제안된다. 상기 무선 통신 네트워크 (100)는 적어도 하나의 네트워크 셀 (110)을 포함하며, 상기 적어도 하나의 네트워크 셀은 중앙 유닛 (105)을 포함하여 상기 네트워크 셀에 걸쳐 커버리지를 제공하고 그리고 상기 중앙 유닛이 상기 네트워크 셀 내에서 적어 (뒷면에 계속)

도 2



도 하나의 대응 사용자 장비 (UE<sub>1</sub> - UE<sub>7</sub>)와 통신하도록 하기 위해 적어도 하나의 전송 프레임을 관리하며, 상기 방법은:

각 사용자 장비에 대해서, 실제의 네트워크 셀 상태들을 기반으로 하여 측정된/추정된 채널 품질을 표시하는 채널 품질 파라미터를 포함하는 입력 파라미터들을 회수 (retrieve)하는 단계 (205);

상기 실제의 네트워크 셀 상태들로부터 탈-맥락화된 (de-contextualized) 채널 품질을 나타내는 대응 극소 (atomic) 채널 품질 파라미터를 얻기 위해서 각 채널 품질 파라미터에 탈-맥락화 (de-contextualization) 함수를 적용하는 단계 (215);

각 스케줄링된 물리적인 리소스 블록, 전송 프레임 및 사용자 장비를 나타내는 이진 할당 매트릭스를 제공하기 위해서 스케줄링 알고리즘을 수행하는 단계 (220, 320, 420); 그리고

각 스케줄링된 사용자 장비로부터 또는 그 사용자 장비로 향한 운송 블록 전송을 위해 상기 스케줄링된 전송 프레임에 의해서 사용될 운송 블록 크기의 표시를 얻기 위해서 상기 할당 매트릭스에 맥락화 (contextualization) 함수를 적용하는 단계를 포함한다.

(72) 발명자

**카레티 마르코**

이탈리아 아이-10148 토리노 비아 쥐. 레이스 로물리 274 텔레콤 이탈리아 소시에떼 퍼 아찌오니

**판티니 로베르토**

이탈리아 아이-10148 토리노 비아 쥐. 레이스 로물리 274 텔레콤 이탈리아 소시에떼 퍼 아찌오니

**미글리오리니 다니엘레**

이탈리아 아이-56122 피사 비아 카루소 디아이피. 잉게그네리아 델린포르마치오네 유니베르시타 디 피사

**사벨라 다리오**

이탈리아 아이-10148 토리노 비아 쥐. 레이스 로물리 274 텔레콤 이탈리아 소시에떼 퍼 아찌오니

**스테아 지오반니**

이탈리아 아이-56122 피사 비아 카루소 디아이피. 잉게그네리아 델린포르마치오네 유니베르시타 디 피사

명세서

청구범위

청구항 1

무선 통신 네트워크 (100) 내에서 리소스들 할당을 스케줄링하는 방법 (200)으로서,

상기 무선 통신 네트워크 (100)는 적어도 하나의 네트워크 셀 (110)을 포함하며,

상기 적어도 하나의 네트워크 셀은 중앙 유닛 (105)을 포함하여 상기 네트워크 셀에 걸쳐 커버리지를 제공하고 그리고 상기 중앙 유닛이 상기 네트워크 셀 내에서 적어도 하나의 대응 사용자 장비 ( $UE_1 - UE_7$ )와 통신하도록 하기 위해 적어도 하나의 전송 프레임을 관리하며, 상기 방법은:

각 사용자 장비에 대해서, 실제의 네트워크 셀 상태들을 기반으로 하여 측정된/추정된 채널 품질을 표시하는 채널 품질 파라미터를 포함하는 입력 파라미터들을 회수 (retrieve)하는 단계 (205);

상기 실제의 네트워크 셀 상태들로부터 탈-맥락화된 (de-contextualized) 채널 품질을 나타내는 대응 극소 (atomic) 채널 품질 파라미터를 얻기 위해서 각 채널 품질 파라미터에 탈-맥락화 (de-contextualization) 함수를 적용하는 단계 (215);

각 스케줄링된 물리적인 리소스 블록, 전송 프레임 및 사용자 장비를 나타내는 이진 할당 매트릭스를 제공하기 위해서 스케줄링 알고리즘을 수행하는 단계 (220, 320, 420); 그리고

각 스케줄링된 사용자 장비로부터 또는 그 사용자 장비로 향한 운송 블록 전송을 위해 상기 스케줄링된 전송 프레임에 의해서 사용될 운송 블록 크기의 표시를 얻기 위해서 상기 할당 매트릭스에 맥락화 (contextualization) 함수를 적용하는 단계를 포함하며,

스케줄링 알고리즘을 수행하는 상기 단계 (220, 320, 420)는 상기 극소 채널 품질 파라미터들 모두가 제로 (zero)가 될 때까지 상기 스케줄링 알고리즘을 재반복하는 것을 포함하며,

상기 스케줄링 알고리즘은, 각 반복마다:

각 사용자 장비에 대해서, 상기 사용자 장비 버퍼의 현재 상태를 나타내는 현재 버퍼 상태 변수에 의해 상기 극소 채널 품질 파라미터들을 마스크하는 단계 (325);

마스크된 극소 채널 품질 파라미터가 최대 값을 가지는 사용자 장비, 전송 프레임 및 물리적인 리소스 블록을 스케줄링하는 단계 (325);

각 스케줄링이 있으면, 상기 스케줄링된 사용자 장비, 전송 블록 및 물리적인 리소스 블록에 대응하는 할당 매트릭스의 요소를 상기 스케줄링을 나타내는 제1 값으로 세팅함으로써 상기 할당 매트릭스를 업데이트하는 단계 (330);

상기 스케줄링에 따라서 상기 스케줄링된 사용자 장비의 현재 버퍼 상태 변수를 업데이트하는 단계 (335);

상기 스케줄링된 물리적인 리소스 블록용의 상기 스케줄링된 전송 프레임에 관련된 극소 채널 품질 파라미터들을 제로 (zero)화하는 단계 (340); 그리고

상기 스케줄링된 물리적인 리소스 블록에 대응하는, 제로와는 상이한 각 극소 채널 품질 파라미터를 업데이트하는 단계 (345)를 포함하는, 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 극소 채널 품질 파라미터들을 마스크하는 상기 단계 (325)는 상기 극소 채널 품질 파라미터 그 자체 및 상

기 현재 버퍼 상태 변수 사이의 최소 값으로 각 극소 채널 품질 파라미터를 대체하는 것을 포함하는, 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

스케줄링 알고리즘을 수행하는 상기 단계 (220)는 상기 극소 채널 품질 파라미터들 모두가 제로 (zero)가 될 때까지 상기 스케줄링 알고리즘을 반복하는 것을 포함하며, 상기 스케줄링 알고리즘은, 각 반복마다:

극소 채널 품질 파라미터가 0 (zero)과는 상이한 사용자 장비, 전송 프레임, 물리적인 리소스 블록을 선택하는 단계 (425, 430);

각 스케줄링된 사용자 장비에 대해서, 상기 선택된 사용자 장비 버퍼의 현재 상태를 나타내는 현재 버퍼 상태 변수를 업데이트하는 단계 (435);

현재 버퍼 상태 변수가 최소 값을 가진 사용자 장비, 원격 유닛 및 물리적인 리소스 블록을 스케줄링하는 단계 (440-455);

각 스케줄링이 있으면, 상기 스케줄링된 사용자 장비, 전송 프레임 및 물리적인 리소스 블록에 대응하는 할당 매트릭스의 요소를 상기 스케줄링을 나타내는 제1 값으로 세팅함으로써 상기 할당 매트릭스를 업데이트하는 단계 (460);

상기 스케줄링된 물리적인 리소스 블록용의 상기 스케줄링된 전송 프레임에 관련된 극소 채널 품질 파라미터들을 제로화하는 단계 (465); 그리고

상기 스케줄링된 물리적인 리소스 블록에 대응하는, 제로와는 상이한 각 극소 채널 품질 파라미터를 업데이트하는 단계 (465)를 포함하는, 방법.

#### 청구항 5

제1항, 제3항, 또는 제4항 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 스케줄링된 물리적인 리소스 블록에 대응하는, 0과는 상이한 각 극소 채널 품질 파라미터를 업데이트하는 상기 단계는

현재의 스케줄링 결정의 전송 프레임이 전송되었다면 발생할 수 있을 간섭을 표시하는 별점 팩터를 인가하는 단계, 그리고

결정된 별점 팩터에 의해, 0과는 상이한 각 극소 채널 품질 파라미터에 별점을 부과하는 단계를 포함하는, 방법.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 입력 파라미터들은 각 사용자 장비를 위해서 버퍼링된 데이터의 양을 표시하는 버퍼 크기 파라미터를 더 포함하며, 그리고

상기 현재 버퍼 상태 변수를 업데이트하는 상기 단계는, 상기 버퍼 크기 파라미터로 초기에 세팅된 상기 현재 버퍼 상태 변수의 각 값을 상기 대응 사용자 장비 버퍼로 이미 서빙된 데이터의 실제 양만큼 감소시키는 것을 포함하며, 데이터의 상기 실제 양은 상기 별점 팩터 각각에 의한 전송 프레임들 사이에서의 상호 간섭을 고려한 것인, 방법.

#### 청구항 7

제4항에 있어서,

상기 입력 파라미터는 각 사용자 장비를 위한 활성 전송 프레임들의 개수를 더 포함하며, 상기 방법은,

할당 매트릭스를 상기 업데이트한 이후에, 상기 스케줄링된 사용자 장비를 위한 활성 전송 프레임들의 개수를 업데이트하는 단계, 그리고

스케줄링된 물리적인 리소스 블록을 위한 스케줄링된 전송 프레임에 관련된 극소 채널 품질 파라미터들을 상기

제로화하는 단계 (340 또는 465) 이후에, 활성 전송 프레임들이 대응 개수가 0인 경우에 상기 스케줄링된 사용자 장비들에 관련된 모든 극소 채널 품질 파라미터들을 제로화하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 8**

제5항에 있어서,

상기 전송 프레임들 사이에 어떤 상호 간섭도 존재하지 않을 때에 상기 맥락화 함수는 0이며,

각 전송 프레임이 모든 다른 전송 프레임들에게 일정한 간섭 팩터를 유도한 것으로 추측될 때에 상기 맥락화 함수는 일정하며, 그리고

각 전송 프레임이 이웃하는 전송 프레임들에게 일정한 간섭 팩터를 유도한 것으로 추측될 때에 상기 맥락화 함수는 근접-기반 (proximity-based)인, 방법.

**청구항 9**

제6항에 있어서,

상기 채널 품질 파라미터는 적어도 하나의 사용자 장비에 관하여 추정된 업링크 채널 품질을 표시하는 그리고 전송 프레임에 관하여 상기 중앙 유닛에 의한 업링크 채널 품질 파라미터이며,

상기 버퍼 크기 파라미터는, 상기 업링크 채널 품질 파라미터와 함께, 상기 원격 유닛에서 이용 가능한 버퍼 상태 리포트로 구성된 업링크 버퍼 상태 파라미터인, 방법.

**청구항 10**

제6항에 있어서,

상기 채널 품질 파라미터는 각 사용자 장비에 의해서 추정된 다운링크 채널 품질을 표시하는 피드백 다운링크 채널 품질이며,

상기 버퍼 크기 파라미터는 다운링크 버퍼 상태 파라미터인, 방법.

**청구항 11**

프로세싱 유닛들 그리고 입력 유닛들 및 출력 유닛들을 구비한 컴퓨터 시스템 (100)의 적어도 하나의 내부 메모리로 로딩할 수 있는 컴퓨터 프로그램을 포함하는 컴퓨터 판독가능 저장 매체로서,

상기 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터 시스템에서 실행될 때에 제1항, 제3항, 또는 제4항 중의 어느 한 항에 따른 방법 단계들을 단독으로 또는 조합하여 수행하도록 구성된 실행가능 소프트웨어를 포함하는, 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

**청구항 12**

무선 통신 네트워크 (100)로서, 적어도 하나의 네트워크 셀 (110)을 포함하며,

상기 적어도 하나의 네트워크 셀은 중앙 유닛 (105)을 포함하여 상기 네트워크 셀에 걸쳐 커버리지를 제공하고 그리고 상기 중앙 유닛이 상기 네트워크 셀 내에서 적어도 하나의 대응 사용자 장비 (UE<sub>1</sub> - UE<sub>7</sub>)와 통신하도록 하기 위해 적어도 하나의 전송 프레임을 관리하며,

상기 중앙 유닛은:

각 사용자 장비에 대해서, 실제의 네트워크 셀 상태들을 기반으로 하여 측정된/추정된 채널 품질을 표시하는 채널 품질 파라미터를 포함하는 입력 파라미터들을 회수 (retrieve)하고 (205);

상기 실제의 네트워크 셀 상태들로부터 탈-맥락화된 (de-contextualized) 채널 품질을 나타내는 대응 극소 (atomic) 채널 품질 파라미터를 얻기 위해서 각 채널 품질 파라미터에 탈-맥락화 (de-contextualization) 함수를 적용하고 (215);

각 스케줄링된 물리적인 리소스 블록, 전송 프레임 및 사용자 장비를 나타내는 이진 할당 매트릭스를 제공하기 위해서 스케줄링 알고리즘을 수행하며 (320, 420); 그리고

각 스케줄링된 사용자 장비로부터 또는 그 사용자 장비로 향한 운송 블록 전송을 위해 상기 스케줄링된 전송 프레임에 의해서 사용될 운송 블록 크기의 표시를 얻기 위해서 상기 할당 매트릭스에 맥락화 (contextualization) 함수를 적용하기 위한,

스케줄러 유닛을 포함하며,

상기 스케줄링 알고리즘을 수행하는 것은 상기 극소 채널 품질 파라미터들 모두가 제로 (zero)가 될 때까지 상기 스케줄링 알고리즘을 재반복하는 것을 포함하며,

상기 스케줄링 알고리즘은, 각 반복마다:

각 사용자 장비에 대해서, 상기 사용자 장비 버퍼의 현재 상태를 나타내는 현재 버퍼 상태 변수에 의해 상기 극소 채널 품질 파라미터들을 마스크하고;

마스크된 극소 채널 품질 파라미터가 최대 값을 가지는 사용자 장비, 전송 프레임 및 물리적인 리소스 블록을 스케줄링하고;

각 스케줄링이 있으면, 상기 스케줄링된 사용자 장비, 전송 블록 및 물리적인 리소스 블록에 대응하는 할당 매트릭스의 요소를 상기 스케줄링을 나타내는 제1 값으로 세팅함으로써 상기 할당 매트릭스를 업데이트하고;

상기 스케줄링에 따라서 상기 스케줄링된 사용자 장비의 현재 버퍼 상태 변수를 업데이트하고;

상기 스케줄링된 물리적인 리소스 블록용의 상기 스케줄링된 전송 프레임에 관련된 극소 채널 품질 파라미터들을 제로 (zero)화하며; 그리고

상기 스케줄링된 물리적인 리소스 블록에 대응하는, 제로와는 상이한 각 극소 채널 품질 파라미터를 업데이트하는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는, 무선 통신 네트워크.

**청구항 13**

제12항에 있어서,

상기 무선 통신 네트워크는, 업링크 전송을 위한 단일의 캐리어 주파수 분할 다중 액세스 (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) 방식 그리고 다운링크 전송을 위한 직교 주파수 분할 다중화 변조 액세스 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Modulation Access) 방식, LTE 또는 Wi-max 표준들을 채택한 롱텀 에볼루션 (Long Term Evolution (LTE)) 어드밴스드 (Advanced) 표준과 호환인 셀룰러 통신 네트워크인, 무선 통신 네트워크.

**청구항 14**

제12항 또는 제13항에 있어서,

적어도 하나의 전송 프레임을 물리적으로 전송하기 위한 분산 안테나 시스템을 구현하는 적어도 하나의 원격 유닛 (RU<sub>1</sub>,RU<sub>2</sub>,RU<sub>3</sub>)을 더 포함하며,

상기 분산 안테나 시스템의 각 원격 유닛은 전송 매체를 통해서 상기 중앙 유닛과 연결되며, 상기 전송 매체는 광섬유들, 전용의 와이어들 또는 독점적인 라디오-주파수 링크들을 포함하며, 그리고 라디오 링크들에 의해서 동시에 각 사용자 장비와 연결될 수 있는, 무선 통신 네트워크.

**청구항 15**

제12항 또는 제13항에 있어서,

각 전송 프레임은 개별 주파수 대역 상에서 캐리어 집성 (aggregation) 접근방식을 통해서 전송된, 무선 통신 네트워크.

**발명의 설명**

**기술 분야**

일반적으로 본 발명은 셀룰러 네트워크들과 같은 무선 통신 네트워크들에 관련된다. 더 상세하게는, 본 발명은 분산된 안테나 시스템 (Distributed Antenna System)을 주파수 도메인 패킷 스케줄링 (Frequency Domain

[0001]

Packet Scheduling)을 통해서 이용하는 OFDMA 광역 무선 통신 네트워크들과 같은 무선 통신 네트워크들 상에서의 리소스 할당에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0002] 광역 무선 통신 네트워크들의 발전은 스프레드 및 성능의 관점에서 큰 성장을 경험했으며, WiMAX ("Worldwide Interoperability for Microwave Access")와 같은 새로운-세대의 셀룰러 시스템들 (일반적으로 네 번째 세대 또는 4G 셀룰러 무선 시스템으로 보통 언급된다) - 즉, 큰 지리적인 영역들에 고속의 인터넷 서비스를 무선으로 제공하기 위한 통신 기술, LTE ("Long Term Evolution") 및 LTE-어드밴스드를 최근에 일으키게 하였으며, 이것들은 고속 데이터 및 미디어 운송 그리고 다음 10년 간의 고품질 음성 및 비디오 통신 지원을 위한 필요성들을 충족하기 위해서 설계된다.
- [0003] 알려진 것처럼, 그런 새로운 세대의 셀룰러 시스템들은 OFDM ("Orthogonal Frequency Division Multiplex") 신호 전송 방식과 같은 몇몇의 진보한 기술들을 이용하며, 이는 주파수 도메인에서 가깝게 위치한 다중의 서브-캐리어들을 이용하는 것을 기반으로 하여, 인접한 서브-캐리어들이 서로에게 직교하도록 하며, 그리고 OFDM 신호 전송 방식의 사용에 의존하며 그리고 개별 서브-캐리어들 (또는 서브-캐리어들의 그룹들) (즉, 일반적으로 "물리적인 리소스 블록들"로 언급되는 기본의 리소스 할당)이 스케줄링 결정들을 기반으로 하여 상이한 사용자들에게 할당된 것에 따른 연관된 OFDMA ("Orthogonal Frequency-Division Multiple Access") 액세스 방식과 같은 몇몇의 진보한 기술들을 이용하여, 구별된 서비스 품질 (Quality of Service (QoS))을 지지하도록 하도록 하며, 즉, 각 사용자에 대해서 개별적으로 데이터 레이트 및 오류 확률을 제어하도록 한다.
- [0004] 그런 OFDMA-기반의 무선 통신 네트워크들의 확장은 분산된 안테나 시스템들 내에서 그 확장의 구현을 고려하는 것이며, 그 분산된 안테나 시스템들은 실내 무선 통신 네트워크들에서 데드 포인트들을 간단하게 커버하기 위해서 원래 도입된 것이며, (많은 셀룰러 서비스 제공자들 그리고/또는 시스템 제조자들은 종래의 셀룰러 시스템들을 분산 안테나 시스템으로 교체하는 것을 또는 그 종래의 셀룰러 시스템들을 다가오는 4G 무선 통신 네트워크들에서 채택하는 것을 또한 고려할 수 있을 정도까지) 실외 무선 통신 네트워크들에서 잠재적인 유리함들을 제공하는 것으로서 최근에 식별되었다.
- [0005] 분산 안테나 시스템 (간결함을 위해서 이하에서는 DAS 시스템 또는 DAS로 언급됨)은 대응하는 지리적인 영역을 커버하는 공간적으로 분리된 라디오-전송 원격 유닛들 - 예를 들면, 안테나들-의 네트워크 그리고 프로세싱 및 관리 동작들을 달성하기 위한 공통 중앙 유닛 (또는 eNodeB)을 실질적으로 포함하며, 각 원격 유닛이 적절한 운반 매체 (예를 들면, 광섬유들, 전용 와이어들, 또는 독점적인 라디오-주파수 링크들)를 통해서 상기 공통 중앙 유닛에 연결된다. 각 원격 유닛은 상기 중앙 유닛으로부터 디지털 기저-대역 신호를 수신하고, 그리고 디지털 투 아날로그 변환 이후에 동일한 네트워크 셀에서 가입자들/사용자들 요청 서비스들의 사용자 장비들 (예를 들면, 셀룰러 폰들과 같은 사용자 단말들)로 대응 라디오-주파수 신호를 전송하기 위한 필터링 및 증폭 동작들을 위해서 구성된다. 이 방식에서, 상기 중앙 유닛으로부터 멀리 떨어져 위치한 여러 원격 유닛들에 의해서 방사된 라디오-주파수 신호가 상기 중앙 유닛에 의해서 전송되도록 하여, 더 양호하게 정의된 셀 커버리지 그리고 확장된 셀 커버리지 (그래서, 더 적은 커버리지 홀들), 간략화된 유지보수 (DAS 시스템은 타겟 서비스영역 내 중앙 유닛들의 필요한 개수를 줄일 수 있기 때문이다) 그리고 더 높은 신호-대-간섭-플러스-잡음 비율 (signal-to-interference-plus-noise ratio (SINR))이 비 DAS 시스템에 관하여 얻어진다.
- [0006] 현재, 여러 작업들이 알려져 있으며, 여기에서 스케줄링 방식들을 제공하는 솔루션들이 게시된다.
- [0007] Ping Gong, Ke Yu, Yumei Wang, "Radio resource allocation for multiuser OFDMA distributed antenna systems", IEEE International Conference on Network Infrastructure and Digital Content, 2009에서, 저자들은 전송 전력 및 로직 서브-대역들을 다운링크 방향에서 DAS 방식으로 서빙되는 복수의 사용자들에게 할당하는 문제에 직면한다. 할당의 이 문제는 혼성의 정수-선형 최적화의 문제로서 공식화되며, 그리고 휴리스틱 (heuristic) 알고리즘들이 계산되어 최적의 솔루션을 근사화한다.
- [0008] Joonil Choi, Illsoo Sohn, Sungjin Kim and Kwang Bok Lee, "Efficient Uplink User Selection Algorithm in Distributed Antenna Systems", IEEE 18th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2007에서 저자들은 사용자들을 안테나들에 할당하는 방식을 기술한다.
- [0009] W. Xu, Z. He, K. Niu, "Opportunistic Packet Scheduling in OFDM Distributed Antenna Systems", WiCOM'09 Proceedings of the 5th International Conference on Wireless communications, networking and mobile computing, 2009에서, 저자들은 패킷 손실들을 최소화하기 위한 방식으로 전력 및 서브-대역들을 할당하기 위해

분산된 안테나들을 구비한 OFDM 시스템을 연구한다.

- [0010] B. Yang, Y. Tang, "Heuristic Resource Allocation for Multiuser OFDM Distributed Antenna System with Fairness Constraints", Proceedings of ICCTA 2009에서, 저자들은 DAS를 구비한 OFDM 시스템에서 몇몇의 강제들 하에서 전송된 트래픽의 양을 최대화하는 문제에 마주친다. 이런 면에서, 상기 저자들은 서브-캐리어들을 사용자들에게 할당하기 위해 휴리스틱 알고리즘들을 제안하며, 이 알고리즘은 한 안테나가 한 서브-캐리어 상에서 단 하나의 사용자만을 서빙할 수 있으며 그리고 각 사용자는 미리 정의되어 허용된 최소의 레이트를 구비한다는 강제들을 가진다.
- [0011] Lisha Ling, Tan Wang, Ying Wang, Cong Shi, "Schemes of Power Allocation and Antenna Port Selection in OFDM Distributed Antenna Systems", Vehicular Technology Conference Fall (VTC 2010-Fall), 2010 IEEE 72nd 에서, 저자들은 OFDM-DAS 상에서 전력 할당 및 안테나 포트 선택 휴리스틱 알고리즘을 제안한다.
- [0012] Marsch P., Khattak S., Fettweis G., "A Framework for Determining Realistic Capacity Bounds for Distributed Antenna Systems", Information Theory Workshop, 2006. ITW '06 Chengdu. IEEE에서, 저자들은 링크-레벨 시뮬레이션들을 통해 DAS 시스템들의 업링크 수용 범위들을 추정하기 위한 프레임워크를 제안한다.
- [0013] Jun Zhang, Andrews J., "Distributed Antenna Systems with Randomness Wireless Communications", IEEE Transactions, 2008에서, 저자들은 실제의 채널을 시뮬레이션하여 단일 셀 DAS 시스템 그리고 다중-셀 DAS 시스템의 성능을, 두 개의 알려진 전송 기술들 (즉, MRT, 또는 "Maximum Ratio Transmission", 그리고 ST, 또는 "Selection Transmission")을 비교하고 단일-셀 MRT 기술이 더 나은 성능을 제공하며 반면에 다중-셀 ST 기술은 더 낮은 운전중지 확률을 제공한다는 것을 검증함으로써 추정한다. 더욱이, 상기 저자들은 원격 유닛들의 기하학적인 또는 랜덤 배치들이 시스템 성능에 어떻게 영향을 미치는지를 연구한다.
- [0014] Zhu, H., Karachontzitis, S., Toumpakaris, D., "Low-complexity resource allocation and its application to distributed antenna systems", Wireless Communications, IEEE 2010에서, 저자들은 단일-셀 시스템 및 DAS 시스템에서 주파수 청크 (chunk) (논리적인 대역)를 기반으로 하는 리소스 할당의 경우에, 두 개의 알려진 전송 기술들 (즉, MRT, 또는 "Maximum Ratio Transmission", 그리고 ZFB, 또는 "Zero Forcing Beamforming")을 비교함으로써, 링크-레벨 시뮬레이션들을 통해 성능 증가를 추정한다
- [0015] Peng Shang, Guangxi Zhu, Li Tan, Gang Su, Tan Li, "Transmit Antenna Selection for the distributed MIMO Systems", 2009 International Conference on Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing에서, 저자들은, 제1 레벨은 정해진 사용자의 서비스를 위한 안테나들의 클러스터를 선택하며 반면에 제2 레벨은 상기 클러스터 중 어느 안테나들이 사용자를 위해서 사용될 것인가를 선택한다는 2개-레벨 최적화 문제로서의 전송 안테나 선택의 문제에 마주친다.
- [0016] Alexei Gorokhov, Dhananjay A. Gore, and Arogyaswami J. Paulraj, "Receive Antenna Selection for MIMO Spatial Multiplexing: Theory and Algorithms", IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, VOL. 51, NO. 11, NOVEMBER 2003에서, 저자들은 업링크 방향에서 수신 안테나를 선택하기 위해, MIMO 시스템들에 대해서 그리고 DAS 시스템들에 적용할 수 있는 상이한 알고리즘들을 제시한다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0017] (비특허문헌 0001) Ping Gong, Ke Yu, Yumei Wang, "Radio resource allocation for multiuser OFDMA distributed antenna systems", IEEE International Conference on Network Infrastructure and Digital Content, 2009.
- (비특허문헌 0002) Joonil Choi, Illsoo Sohn, Sungjin Kim and Kwang Bok Lee, "Efficient Uplink User Selection Algorithm in Distributed Antenna Systems", IEEE 18th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2007.
- (비특허문헌 0003) W. Xu, Z. He, K. Niu, "Opportunistic Packet Scheduling in OFDM Distributed Antenna Systems", WiCOM'09 Proceedings of the 5th International Conference on Wireless communications, networking and mobile computing, 2009.
- (비특허문헌 0004) B. Yang, Y. Tang, "Heuristic Resource Allocation for Multiuser OFDM Distributed



Antenna System with Fairness Constraints", Proceedings of ICCTA 2009.

(비특허문헌 0005) Lisha Ling, Tan Wang, Ying Wang, Cong Shi, "Schemes of Power Allocation and Antenna Port Selection in OFDM Distributed Antenna Systems", Vehicular Technology Conference Fall (VTC 2010-Fall), 2010 IEEE 72nd.

(비특허문헌 0006) Marsch P., Khattak S., Fettweis G., "A Framework for Determining Realistic Capacity Bounds for Distributed Antenna Systems", Information Theory Workshop, 2006. ITW '06 Chengdu. IEEE.

(비특허문헌 0007) Jun Zhang, Andrews J., "Distributed Antenna Systems with Randomness Wireless Communications", IEEE Transactions, 2008.

(비특허문헌 0008) Zhu, H., Karachontzitis, S., Toumpakaris, D., "Low-complexity resource allocation and its application to distributed antenna systems", Wireless Communications, IEEE 2010.

(비특허문헌 0009) Peng Shang, Guangxi Zhu, Li Tan, Gang Su, Tan Li, "Transmit Antenna Selection for the distributed MIMO Systems", 2009 International Conference on Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing.

(비특허문헌 0010) Alexei Gorokhov, Dhananjay A. Gore, and Arogyaswami J. Paulraj, "Receive Antenna Selection for MIMO Spatial Multiplexing: Theory and Algorithms", IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, VOL. 51, NO. 11, NOVEMBER 2003.

*발명의 내용*

*해결하려는 과제*

[0018] 본 발명은 무선 통신 네트워크들 상의 분산 안테나 시스템들을 위한 스케줄링 알고리즘을 제공하려고 한다.

*과제의 해결 수단*

[0019] 본 출원인은 상기에서-참조된 작업들 중 어느 것도, 활성화된 원격 유닛들 사이에서 처리량 최대화 (여기에서는 통신 채널을 통한 성공적인 데이터 또는 데이터 패킷 배송의 평균 레이트의 최대화로서 의도된 것임) 및 상호 간섭을 고려하면서, 상이한 원격 유닛들의 동시의 활성화 그리고 동일한 이용가능한 시간-주파수 리소스들을 활성화된 상이한 원격 유닛들에게 동시에 할당하기 위한 (그럼으로써 공간적인 다중화 기술들을 이용하는 것을 허용하는) 스케줄링 알고리즘들을 개시하지 않는다는 것을 인식했다.

[0020] 더욱이, 본 출원인은 Ping Gong, Ke Yu, Yumei Wang의 성과에서, 각 사용자는 단일의 원격 유닛에 연결되며, 단 하나의 데이터 스트림만을 수신하고 (그럼으로써 다중 원격 유닛들을 기반으로 하는 공간적인 멀티플렉싱 기술들의 사용을 불가능하게 하며), 그리고 전체의 논리적인 서브-대역을 독점적으로 차지한다고 가정되었으며, 사용자 버퍼들의 유한의 크기 또는 최대의 처리량을 얻기 위한 것을 목표로 하는 할당 기준 어느 것도 고려되지 않는다는 것을 확인하였다. 또한, 상기 참조된 성과에서, 스케줄링을 관리하는 개체는 물리적인 파라미터들 (예를 들면, 각 논리적인 서브-대역 상에서의 잡음 전력)을 아는 것으로 가정되며, 이는 LTE-어드밴스드에서 사용자들에 의해서 보고되지 않은 것이다.

[0021] 대신에, Joonil Choi, Illsoo Sohn, Sungjin Kim 및 Kwang Bok Lee 의 성과 그리고 Alexei Gorokhov, Dhananjay A. Gore, 및 Arogyaswami J. Paulraj 의 성과를 고려할 때에, 본 출원인에 따르면, 상기 설명된 알고리즘들은 사용자들에게 리소스들을 할당하는 것을 허용하지 않으며, 물리적인 레이어의 특징들을 기반으로 하여 사용자-안테나 연결을 간단하게 설립한다 (그래서 사용자가 전송해야만 하는 프레임 또는 데이터의 양으로부터 떼어 내어 생각한다).

[0022] 본 출원인은, 전반적인 전력이 최대의 이득을 구비한 안테나에게 할당되는 (그래서 다중의 안테나들을 동시에 선택하는 것에 대해서 참조하지 않는다) W. Xu, Z. He, K. Niu의 성과는 전력 최대화가 각 사용자를 위해 최선의 안테나를 선택함으로써 (그래서, 공간적인 멀티플렉싱 및 간섭의 문제들을 고려하지 않음) 달성되는 Lisha Ling, Tan Wang, Ying Wang, Cong Shi의 성과와 유사하며, 그리고 (내부의 데이터 양의 관점에서 상기 선택된 사용자의 버퍼 상태와는 무관하게) 필요한 최소 레이트에 가장 가까운 레이트를 구비한 사용자가 선택되어 최대

의 이득을 구비한 안테나 및 서브-캐리어와 연관되는 B. Yang, Y. Tang의 성과와 유사하다는 것을 또한 발견했다.

- [0023] 더욱이, 본 출원인은 Peng Shang, Guangxi Zhu, Li Tan, Gang Su, Tan Li 성과에서 버퍼들의 유한의 크기는 물론이며 공간적인 멀티플렉싱 역시 고려되지 않는다는 것을 확인했다. 더욱이, 참조된 성과에서 서비스 선택은 LTE-어드밴스드에서 사용자가 명시적으로 보고하지 않은 물리적인 레이어의 특징들을 독립적으로 기반으로 한다.
- [0024] 위에서 언급된 것처럼, 여러 셀룰러 서비스 제공자들 그리고/또는 시스템 제조자들은 LTE-어드밴스드와 같은 다가오는 4G 무선 통신 네트워크들에서 DAS 시스템들을 채택하는 것을 또한 고려할 수 있을 것이며, 그래서 본 출원인은 처리량 최대화 그리고 활성화된 원격 유닛들 사이에서의 상호 간섭을 고려하면서도, 상이한 원격 유닛들의 동시의 활성화를 위한 새로운 간단하고 효율적인 스케줄링 절차를 제공하고 그리고 동일한 이용가능한 물리적인 리소스 블록들을 동시에 활성화된 상이한 원격 유닛들로의 동시 할당에 적합한 솔루션을 고안하는 문제에 달려들었다.
- [0025] 그렇게 하는 동안에, 본 출원인은 동시 리소스 할당을 위해 상이한 원격 유닛들의 동시 활성화를 스케줄링하는 것으로 상기 동일한 공통 문제에 의해서 영향을 받는 것으로서 고려될 수 있는 무선 통신 네트워크들이 비록 반드시 DAS 시스템들과 함께 제공되는 것은 아니지만 그 무선 통신 네트워크들의 추가의 구현에 쉽게 채택될 수 있는 스케줄링 절차를 개발하는 것에 주의를 기울였다. 예를 들면, LTE-어드밴스드의 다른 가능한 주요한 향상 특징은 100 MHz까지의 배치 대역폭을 지원하기 위해서 캐리어 집성 (carrier aggregation)을 통한 대역폭 확장일 수 있으며, 이는 다운링크에서 1 Gbps 그리고 업링크에서 500 Mbps 보다 더 높은 피크 타겟 데이터 레이트들을 달성하는 것을 허용할 수 있을 것이다. 캐리어 집성의 매력은 그것이 종래의 사용자들에게 하향 호환성을 제공하면서도 여러 개의 더 작은 접촉성 또는 비-접촉성 캐리어들을 집성함으로써 오퍼레이터들/제공자들이 시스템을 배치하는 것을 허용한다는 사실로부터 온다. 실제로, LTE-어드밴스드가 종래 사용자들에게 스펙트럼 호환성을 제공해야만 하기 때문에, LTE-어드밴스드에서의 더 넓은 대역폭을 지원하는 것은 다중의 캐리어들을 집성하는 것을 통해서 제공될 수 있으며, 이 경우에 LTE-어드밴스드 사용자가 여러 캐리어들을 동시에 전송하고 수신할 때에 (그리고 "Intra-band Contiguous", "Intra-band Non-Contiguous" 및 "Inter-band Non-Contiguous"의 세 가지의 가능한 시나리오들 중 하나에 따를 때에) 각 캐리어는 종래 사용자들에게는 LTE 캐리어로서 나타날 수 있을 것이다.
- [0026] 본 발명의 특징 실시예들에 따른 솔루션의 하나 또는 그 이상의 모습들은 독립항들에서 제시되며, (어떤 다른 모습에 필요한 변경을 가하여 적용하는 본 발명의 실시예에 따른 상기 솔루션의 특정 모습을 참조하여 제공되고 있는 어떤 유리한 특징과 함께) 용어가 참조로서 축어로 둘러싸인 종속항들에서 표시된 동일한 솔루션의 유리한 특징들을 구비한다.
- [0027] 더 상세하게는, 본 발명의 하나 또는 그 이상의 실시예들에 따른 솔루션은 적어도 하나의 네트워크 셀을 포함하는 무선 통신 네트워크 내 스케줄링 리소스 할당을 위한 방법에 관련되며, 상기 적어도 하나의 네트워크 셀은 중앙 유닛을 포함하여 상기 네트워크 셀을 통한 커버리지를 제공하며 그리고 상기 중앙 유닛이 상기 네트워크 셀 내에 적어도 하나의 대응 사용자 장비와 통신하도록 하기 위해서 적어도 하나의 전송 프레임을 관리한다. 상기 방법은,
- [0028] 각 사용자 장비에 대해서, 실제의 네트워크 셀 상태들을 기반으로 하여 측정된/추정된 채널 품질을 표시하는 채널 품질 파라미터를 포함하는 입력 파라미터들을 회수 (retrieve)하는 단계;
- [0029] 상기 실제의 네트워크 셀 상태들로부터 탈-맥락화된 (de-contextualized) 채널 품질을 나타내는 대응 극소 (atomic) 채널 품질 파라미터를 얻기 위해서 각 채널 품질 파라미터에 탈-맥락화 (de-contextualization) 함수를 적용하는 단계;
- [0030] 각 스케줄링된 물리적인 리소스 블록, 전송 프레임 및 사용자 장비를 타나내는 이진 할당 매트릭스를 제공하기 위해서 스케줄링 알고리즘을 수행하는 단계; 그리고
- [0031] 각 스케줄링된 사용자 장비로부터 또는 그 사용자 장비로 향한 운송 블록 전송을 위해 상기 스케줄링된 전송 프레임에 의해서 사용될 운송 블록 크기의 표시를 얻기 위해서 상기 할당 매트릭스에 맥락화 (contextualization) 함수를 적용하는 단계를 포함한다.
- [0032] 본 발명의 실시예에서, 스케줄링 알고리즘을 수행하는 상기 단계는 상기 극소 채널 품질 파라미터들 모두가 제

로 (zero)가 될 때까지 상기 스케줄링 알고리즘을 재반복하는 것을 포함하며,

- [0033] 상기 스케줄링 알고리즘은, 각 반복마다:
- [0034] 각 사용자 장비에 대해서, 상기 사용자 장비 버퍼의 현재 상태를 나타내는 현재 버퍼 상태 변수에 의해 상기 극소 채널 품질 파라미터들을 마스크하는 단계;
- [0035] 마스크된 극소 채널 품질 파라미터가 최대 값을 가지는 사용자 장비, 전송 프레임 및 물리적인 리소스 블록을 스케줄링하는 단계;
- [0036] 각 스케줄링이 있으면, 상기 스케줄링된 사용자 장비, 전송 블록 및 물리적인 리소스 블록에 대응하는 할당 매트릭스의 요소를 상기 스케줄링을 나타내는 제1 값으로 세팅함으로써 상기 할당 매트릭스를 업데이트하는 단계;
- [0037] 상기 스케줄링에 따라서 상기 스케줄링된 사용자 장비의 현재 버퍼 상태 변수를 업데이트하는 단계;
- [0038] 상기 스케줄링된 물리적인 리소스 블록용의 상기 스케줄링된 전송 프레임에 관련된 극소 채널 품질 파라미터들을 제로 (zero)화하는 단계; 그리고
- [0039] 상기 스케줄링된 물리적인 리소스 블록에 대응하는, 제로와는 상이한 각 극소 채널 품질 파라미터를 업데이트하는 단계를 포함할 수 있을 것이다.
- [0040] 바람직하게는, 비록 필수적이지는 않지만, 상기 극소 채널 품질 파라미터들을 마스크하는 상기 단계는 상기 극소 채널 품질 파라미터 그 자체 및 상기 현재 버퍼 상태 변수 사이의 최소 값으로 각 극소 채널 품질 파라미터를 대체하는 것을 포함한다.
- [0041] 본 발명의 추가의, 비 제한 실시예에서, 스케줄링 알고리즘을 수행하는 상기 단계는 상기 극소 채널 품질 파라미터들 모두가 제로 (zero)가 될 때까지 상기 스케줄링 알고리즘을 반복하는 것을 포함하며, 상기 스케줄링 알고리즘은, 각 반복마다:
- [0042] 극소 채널 품질 파라미터가 0 (zero)과는 상이한 사용자 장비, 전송 프레임, 물리적인 리소스 블록을 선택하는 단계;
- [0043] 각 스케줄링된 사용자 장비에 대해서, 상기 선택된 사용자 장비 버퍼의 현재 상태를 나타내는 현재 버퍼 상태 변수를 업데이트하는 단계;
- [0044] 현재 버퍼 상태 변수가 최소 값을 가진 사용자 장비, 원격 유닛 및 물리적인 리소스 블록을 스케줄링하는 단계;
- [0045] 각 스케줄링이 있으면, 상기 스케줄링된 사용자 장비, 전송 프레임 및 물리적인 리소스 블록에 대응하는 할당 매트릭스의 요소를 상기 스케줄링을 나타내는 제1 값으로 세팅함으로써 상기 할당 매트릭스를 업데이트하는 단계;
- [0046] 상기 스케줄링된 물리적인 리소스 블록용의 상기 스케줄링된 전송 프레임에 관련된 극소 채널 품질 파라미터들을 제로화하는 단계; 그리고
- [0047] 상기 스케줄링된 물리적인 리소스 블록에 대응하는, 제로와는 상이한 각 극소 채널 품질 파라미터를 업데이트하는 단계를 포함할 수 있을 것이다.
- [0048] 유리하게도, 상기 스케줄링된 물리적인 리소스 블록에 대응하는, 0과는 상이한 각 극소 채널 품질 파라미터를 업데이트하는 상기 단계는, 현재의 스케줄링 결정의 전송 프레임이 전송되었다면 발생할 수 있을 간섭을 표시하는 벌점 팩터 (penalization factor)를 인가하는 단계, 그리고 결정된 벌점 팩터에 의해, 0과는 상이한 각 극소 채널 품질 파라미터에 벌점을 부과하는 단계를 포함한다.
- [0049] 상기 입력 파라미터들은 각 사용자 장비를 위해서 버퍼링된 데이터의 양을 표시하는 버퍼 크기 파라미터를 더 포함할 수 있을 것이며, 그리고 상기 현재 버퍼 상태 변수를 업데이트하는 상기 단계는, 상기 버퍼 크기 파라미터로 초기에 세팅된 상기 현재 버퍼 상태 변수의 각 값을 상기 대응 사용자 장비 버퍼로 이미 서빙된 데이터의 실제 양만큼 감소시키는 것을 포함할 수 있을 것이며, 데이터의 상기 실제 양은 상기 벌점 팩터 각각에 의한 전송 프레임들 사이에서의 상호 간섭을 고려한 것이다.
- [0050] 상기 입력 파라미터는 각 사용자 장비를 위한 활성 전송 프레임들의 개수를 더 포함할 수 있을 것이다. 이런 면에서, 상기 방법은,
- [0051] 할당 매트릭스를 상기 업데이트한 이후에, 상기 스케줄링된 사용자 장비를 위한 활성 전송 프레임들의 개수를

업데이트하는 단계, 그리고

- [0052] 스케줄링된 물리적인 리소스 블록을 위한 스케줄링된 전송 프레임에 관련된 극소 채널 품질 파라미터들을 상기 제로화한 이후에, 활성 전송 프레임들이 대응 개수가 0인 경우에 상기 스케줄링된 사용자 장비들에 관련된 모든 극소 채널 품질 파라미터들을 제로화하는 단계를 더 포함할 수 있을 것이다.
- [0053] 비-한정적인 실시예에 따라서, 상기 전송 프레임들 사이에 어떤 상호 간섭도 존재하지 않을 때에 상기 맥락화 함수는 0이며, 각 전송 프레임이 모든 다른 전송 프레임들에게 일정한 간섭 팩터를 유도한 것으로 추측될 때에 상기 맥락화 함수는 일정하며, 그리고 각 전송 프레임이 이웃하는 전송 프레임들에게 일정한 간섭 팩터를 유도한 것으로 추측될 때에 상기 맥락화 함수는 근접-기반 (proximity-based)이다.
- [0054] 업링크의 경우에, 상기 채널 품질 파라미터는 적어도 하나의 사용자 장비에 관하여 추정된 업링크 채널 품질을 표시하는 그리고 전송 프레임에 관하여 상기 중앙 유닛에 의한 업링크 채널 품질 파라미터이며, 반면 상기 버퍼 상태 파라미터는, 상기 업링크 채널 품질 파라미터와 함께, 상기 원격 유닛에서 이용 가능한 버퍼 상태 리포트로 구성된 업링크 버퍼 상태 파라미터이다. 다운링크의 경우에, 상기 채널 품질 파라미터는 각 사용자 장비에 의해서 추정된 다운링크 채널 품질을 표시하는 피드백 다운링크 채널 품질이며, 반면에 상기 버퍼 상태 파라미터는 다운링크 버퍼 상태 파라미터이다.
- [0055] 본 발명의 실시예에 따른 솔루션의 다른 모습은, 프로세싱 유닛들 그리고 입력 유닛들 및 출력 유닛들을 구비한 컴퓨터 시스템의 적어도 하나의 내부 메모리로 로딩할 수 있는 컴퓨터 프로그램이며, 상기 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터 시스템에서 실행될 때에 상기 방법 단계들을 단독으로 또는 조합하여 수행하도록 적용된 실행가능한 소프트웨어를 포함한다.
- [0056] 본 발명의 실시예들에 따른 솔루션의 추가의 모습은 적어도 하나의 네트워크 셀을 포함한 무선 통신 네트워크에 관한 것이며, 상기 적어도 하나의 네트워크 셀은 중앙 유닛을 포함하여 상기 네트워크 셀에 걸쳐 커버리지를 제공하고 그리고 상기 중앙 유닛이 상기 네트워크 셀 내에서 적어도 하나의 대응 사용자 장비와 통신하도록 하기 위해 적어도 하나의 전송 프레임을 관리한다. 상기 기지국은:
- [0057] 각 사용자 장비에 대해서, 실제의 네트워크 셀 상태들을 기반으로 하여 측정된/추정된 채널 품질을 표시하는 채널 품질 파라미터를 포함하는 입력 파라미터들을 회수 (retrieve)하고;
- [0058] 상기 실제의 네트워크 셀 상태들로부터 탈-맥락화된 (de-contextualized) 채널 품질을 나타내는 대응 극소 (atomic) 채널 품질 파라미터를 얻기 위해서 각 채널 품질 파라미터에 탈-맥락화 (de-contextualization) 함수를 적용하고;
- [0059] 각 스케줄링된 물리적인 리소스 블록, 전송 프레임 및 사용자 장비를 나타내는 이진 할당 매트릭스를 제공하기 위해서 스케줄링 알고리즘을 수행하며; 그리고
- [0060] 각 스케줄링된 사용자 장비로부터 또는 그 사용자 장비로 향한 운송 블록 전송을 위해 상기 스케줄링된 전송 프레임에 의해서 사용될 운송 블록 크기의 표시를 얻기 위해서 상기 할당 매트릭스에 맥락화 (contextualization) 함수를 적용하기 위한,
- [0061] 스케줄러 유닛을 포함한다.
- [0062] 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서, 상기 무선 통신 네트워크는, 업링크 전송을 위한 단일의 캐리어 주파수 분할 다중 액세스 (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) 방식 그리고 다운링크 전송을 위한 직교 주파수 분할 다중화 변조 액세스 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Modulation Access) 방식, LTE 또는 Wi-max 표준들을 채택한 롱텀 에볼루션 (Long Term Evolution (LTE)) 어드밴스드 (Advanced) 표준과 호환인 셀룰러 통신 네트워크일 수 있다.
- [0063] 상기 무선 통신 네트워크는 적어도 하나의 전송 프레임을 물리적으로 전송하기 위한 분산 안테나 시스템을 구현하는 적어도 하나의 원격 유닛을 더 포함할 수 있을 것이며, 상기 분산 안테나 시스템의 각 원격 유닛은 전송 매체를 통해서 상기 중앙 유닛과 연결되며, 상기 전송 매체는 광섬유들, 전용의 와이어들 그리고/또는 배타적인 라디오-주파수 링크들을 포함하며, 그리고 라디오 링크들에 의해서 동시에 각 사용자 장비와 연결될 수 있다.
- [0064] 추가로 또는 대안으로, 각 전송 프레임은 개별 주파수 대역 상에서 캐리어 집성 (aggregation) 접근방식을 통해서 전송될 수 있을 것이다.

*발명의 효과*

[0065] 본 발명 덕분에, 이용 가능한 물리적인 리소스 블록들이 동시에 활성화된 원격 유닛들의 세트에 할당되어, 최대의 처리량 그리고 (동일한 타임-주파수 리소스들 상에서 다중의 원격 유닛들을 동시에 활성화시킴으로 인한) 최소의 간섭을 가지도록 한다. 그래서, 상기 제안된 절차는 공간적인 멀티플렉싱 기술을 사용할 수 있으며, 그럼으로써 주파수 선택성 스케줄링의 유리함들에 의해서 이익을 얻는다. 더욱이, 비록 본 발명이 DAS 시스템들이 제공된 무선 통신 네트워크들을 참조하여 설명될 것이지만, 일반적인 문제 공식화의 면에서 여기에서 예시적으로 도시된 것을 참조하는 것으로서 설명될 수 있는 (, 캐리어 집성을 기반으로 한 것과 같이, DAS 시스템들이 제공되지 않은) 다른 무선 통신 네트워크 구성들에도 또한 적용될 수 있을 것이다.

*도면의 간단한 설명*

[0066] 본 발명의 이런 그리고 다른 특징들 및 이점들은 몇몇의 예시의 그리고 한정하지 않는 실시예들의 다음의 설명에 의해서 명백하게 될 것이다. 더 나은 명료함을 위해서, 다음의 설명은 첨부된 도면들을 참조하여 읽어야 한다.

도 1은 본 발명의 하나 또는 그 이상의 실시예들에 따른 솔루션이 적용될 수 있을 무선 통신 네트워크 일부를 개략적으로 보여준다.

도 2는 본 발명의 원칙들에 따른 스케줄링 절차의 하이-레벨 방식을 개략적으로 보여준다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 스케줄링 절차의 스케줄링 알고리즘의 동작들의 시퀀스를 예시한 흐름도를 개략적으로 보여준다.

도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 스케줄링 절차의 스케줄링 알고리즘의 동작들의 시퀀스를 예시한 흐름도를 개략적으로 보여준다.

*발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

[0067] 도면들을 특히 참조하여, 도 1은 무선 통신 네트워크 (100) (의 일부)를 보여주며, 그 무선 통신 네트워크에서 본 발명의 하나 또는 그 이상의 실시예들에 따른 솔루션이 적용될 수 있을 것이다. 상기 무선 통신 네트워크 (100)는 참조번호 105의 CU와 같은 복수의 고정된-위치의 중앙 유닛들 (CU들)을 포함할 수 있으며, 이것은 일반적으로 프로세싱 및 관리, 예를 들면, 스케줄링 동작들 (이는 다음에 더 달 설명될 것이다)을 달성한다; 참조번호 105의 CU와 같은 하나 또는 그 이상의 CU들은 (예를 들면, 육각형격자-형상의) 네트워크 셀 (110)과 같은 네트워크 셀로 또한 언급되는 지리적인 영역 위에 (라디오/케이블) 커버리지를 제공하여, (참조번호 110의 네트워크 셀 내에서  $UE_i$ 들  $UE_1$ - $UE_N$  - 예를 들면, 모바일 폰- 중 하나와 같은) 네트워크 셀 내에서 각  $i$ -번째 사용자 장비 (다음의 UE 또는  $UE_i$ ,  $i=1,2, \dots, N$ 이며, 문제의 예에서  $N=7$ )가 원하는 서비스 (예를 들면, 전화 호출)를 수신하도록 허용한다. 설명된 예시적인 그러나 제한하지 않는 실시예에서, 상기 무선 통신 네트워크 (100)는 셀룰러 통신 네트워크 (또는 간략하게는 셀룰러 네트워크)이며, 3세대 파트너십 프로젝트 (3GPP) 유니버설 모바일 원격 통신 시스템 (Universal Mobile Telecommunications System (UMTS))에 의해서 표준화된 롱텀 에볼루션 (Long Term Evolution (LTE)) 어드밴스드 프로토콜에 호환되며, 이 경우에 업링크 전송 (즉,  $UE_i$ 들로부터의 전송 경로)에 대해서는 단일 캐리어 주파수 분할 다중 액세스 (Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA)) 방식이 그리고 다운링크 전송 (즉,  $UE_i$ 들로 향하는 전송 경로)에 대해서는 직교 주파수 분할 멀티플렉싱 변조 액세스 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Modulation Access (OFDMA)) 방식이 사용된다. 알려진 것처럼 OFDMA 및 SC-FDMA 방식들은 상이한 개수의 서브-캐리어들이 상이한  $UE_i$ 들에 할당되는 것을 가능하게 하며, 그래서 차별화된 서비스 품질 (Quality of Service (QoS))을 지원하며, 즉, 각  $UE_i$ 에 대해서 개별적으로 데이터 레이트 및 오류 확률을 제어한다.

[0068] 알려진 것처럼, CU (105)는 상기 CU (105)를 네트워크 셀 (110) 내의 하나 또는 그 이상의 대응  $UE_i$ 들과 통신하도록 하기 위해서 하나 또는 그 이상의 전송 프레임들 (즉, 사용자 데이터 그리고 제어 데이터 둘 모두를 포함하는 데이터 구조들로, 라디오-주파수 전송될 신호를 형성하는 데이터 구조들)을 관리하도록 구성되는 것이 일반적이다. 도면에서 볼 수 있는 예시적인, 그러나 제한하지 않는 실시예에서, 셀룰러 네트워크 (100)는  $j=1, 2, \dots, M$  개 (개시된 예에서  $M = 3$ )의 라디오-전송 원격 유닛들 (RU들 또는  $RU_j$ 들) - 예를 들면, 도면에서  $RU_j$ 들

(RU<sub>1</sub>-RU<sub>3</sub>)로 도시된 안테나들을 또한 포함한다. 이 안테나들은 일반적으로 여러 독립적인 전송 프레임들을 전송하기 위해서 구성된 분산 안테나 시스템 (Distributed Antenna System) (또는 DAS 시스템 또는 DAS)을 구현하며, 그럼으로써 상기 CU (105)와 상기 네트워크 셀 (110) 내 하나, 일부, 또는 모든 UE<sub>i</sub>들 사이의 통신을 더욱 효율적으로도 만든다 (그러나, 다음에서 최선으로 설명되는 것처럼, 본 발명의 원칙은 전송 프레임들이 원격 유닛들 대신에 상기 중앙 유닛들에 의해서 미리 정의된 캐리어들 상으로 주로 전송되는 시스템에, 예를 들면, 캐리어 집성을 활용하여 동등하게 적용될 수 있을 것이다. 상기 RU<sub>j</sub>들은 상기 CU (105)와 상기 네트워크 셀 (110) 내 하나 또는 그 이상의 UE<sub>i</sub>들 사이에서의 중간 국들을 (예를 들면, 상기 CU (105)로부터 전송될, 예를 들면, 라디오-주파수 신호를 상이한 RU<sub>j</sub>들로부터 선택된 UE<sub>i</sub>에게 방사함으로써) 나타내며, 그리고 공간적으로 나누어지며, 즉, 네트워크 셀 (110) 내에서 분산되어, 단일의 RU가 전통적인 구현에서 하듯이 동일한 지리적인 영역 (즉, 상기 네트워크 셀 (110) 그 자체)을 통해서 커버리지를 제공하도록 한다.

[0069] 유리하게, 각 RU<sub>j</sub>는 적절한 운반 매체 - 예를 들면, 광섬유 (여기에서 연속들에 의해서 가정되며 예시적으로 도시된 것임), 전용의 와이어들, 또는 명시적인 라디오-주파수 링크들을 통해서 상기 CU (105)에 연결된다. 그래서, DAS 시스템들의 잘 알려진 원칙에 따라서, 각 RU<sub>j</sub>는 상기 CU (105)로부터의 디지털 기저-대역 신호를 수신하고, 그리고 적절한 디지털 - 아날로그 변환을 수행한 이후에, 대응하는 라디오-주파수 신호를 상기 네트워크 셀 (110)에서의 서비스들을 필요로 하는 UE<sub>i</sub>들로 (그래서, 가입자들/사용자들로) 전송하기 위한 필터링 및 증폭을 위해서 구성된다.

[0070] 완전함을 위해서, 본 발명이 속한 기술 분야에서의 통상의 지식을 가진 자들이 잘 알고 있는 것처럼, 참조번호 105의 상기 CU와 같은 CU들은, 일반적으로 E-UTRAN ("Evolved-UMTS Terrestrial Radio Access Network", 도시되지 않음)과 통신 가능하게 연결된 라디오 액세스 네트워크 (도시되지 않음)의 일부인 것이 일반적이며, E-UTRAN은 인터넷 그리고/또는 공중 교환 전화 네트워크 (도시되지 않음)와 같은 다른 네트워크들과 차례로 연결되는 것이 보통이다.

[0071] 본 발명의 실시예에 따르면, 활성화된 RU<sub>j</sub>들 간의 상호 간섭과 같은 LTE-어드밴스드 표준에서 이미 이용가능한 파라미터들의 활용을 통해서 네트워크 처리량의 최적화 및 최대화를 하면서도, 상기 CU (105)는 (일반적으로는 CU의 도시되지 않은 스케줄러 유닛, 또는 스케줄러를 통해서) 동일한 라디오 리소스들을 할당하기 위해서 상이한 RU<sub>j</sub>들을 동시에 활성화하는 것을 처리하는 것을 목표로 하는 스케줄링 절차를 구현하기 위해서 구성된다.

[0072] 이제 도 2로 돌아가면, 도 2는 본 발명의 원칙에 따른 스케줄링 절차 (200)의 하이-레벨 방식을 개략적으로 보여준다.

[0073] 이전에 설명된 것처럼, 스케줄링 절차 (200)의 목적은, 이용 가능한 물리적인 라디오 리소스 블록들이 최소의 상호 간섭을 하면서 할당될 수 있는 RU<sub>j</sub>들의 세트를 적절하게 그리고 동시에 활성화함으로써 네트워크 셀의 처리량을 최대화하는 것이다.

[0074] "라디오 리소스들"의 용어는 셀룰러 네트워크를 위해서 사용된 기술 (예를 들면, 채널들 또는 링크들을 통한 전송들을 구현하기 위한 변조 및 코딩 방식을 위해서 사용된 기술)에 따른 특정 의미를 가질 수 있다는 것이 이해되어야만 한다; 여기에서 예시적으로 개시된 셀룰러 네트워크를 위해서, 그런 용어는 아래에서는 "물리적인 리소스 블록들", 즉, 데이터 전송 목적들을 위해서 CU 스케줄러에 의해서 할당된 운송 캐리어 (예를 들면, 서브-캐리어들)와 같은 기본적인 리소스 할당들의 그룹들로서 해석되고 언급되어야 한다 (예를 들면, LTE-어드밴스드를 위한 물리적인 리소스 블록은 서브-캐리어 대역폭이 15 kHz일 때에 12개의 서브-블록들의 그룹을 또는 서브-캐리어 대역폭이 7.5 kHz일 때에는 24개의 서브-캐리어들의 그룹을 포함할 수 있을 것이다).

[0075] 개시된 예시적인 실시예에서, 상기 스케줄링 절차 (200)는 각 TTI ("Transmission Time Interval", 즉, 에어 인터페이스 상에서의 신호 시간 - 예를 들면, 1 TTI = 1ms)에서 상기 CU 내에서 동작하며, 그리고 UE<sub>i</sub>들-RU<sub>j</sub>들 할당 스케줄링 결정들 (즉, 각 스케줄링된 물리적인 리소스 블록 RU<sub>j</sub> 및 UE<sub>i</sub>의 UE<sub>i</sub>들-RU<sub>j</sub>들 할당 스케줄링 결정들)의 할당 매트릭스 표시를 출력하는 스케줄링 알고리즘, 그리고 상기 스케줄링 결정들이 가능한 올바르게 그리고 신뢰성있게 취해질 수 있도록 허용하는 예비의 동작들을 포함하는 것이 보통이다.

[0076] 개시된 예시적인 실시예에서, 상기 스케줄링 절차 (200)는 네트워크 셀 내 UE<sub>i</sub>들의 상태를 나타내며, 그리고 최신의 릴리즈 10 LTE 표준에 따라서, 설명의 편의만을 위해서 아래에서 참조될 것인 다운링크 전송의 경우에서와

같이 UE<sub>i</sub>들로부터 오며, 또는 업링크 전송의 경우에서와 같이 (예를 들면, 상기 CU 또는 상기 RU<sub>j</sub>들에 의한 어떤 적합한 특정/추정 방법, 예를 들면, RSSI 측정에 의해서) 생성된/추정된 입력 파라미터들을 준비/회수 (예를 들면, 수신)한다. 유리하게도 그런 입력 파라미터들은 다음을 포함한다:

[0077] - 채널 품질 표시자 (Channel Quality Indicator (또는 CQI(i,j)) 파라미터. 이는 아래에서는 채널 품질 파라미터로 언급되며, 즉, 각 UE<sub>i</sub>로의 통신을 위한 각 RU<sub>j</sub>의 통신 채널들의 품질 측정/추정으로, 다운링크 전송들을 위한 (신호-대-잡음 비율 (signal-to-noise ratio (SNR)), 신호-대-간섭 더하기 잡음 비율 (signal-to-interference plus noise ratio (SINR))과 같은, 그리고 적합한 데이터 레이트 (보통은 변조 및 코딩 방식 (Modulation and Coding Scheme (MCS) 값))를 나타내는) 성능 메트릭을 이용한다. 알려진 것처럼, 그런 측정/추정은 그 측정/추정 동안에 실제의 현재 네트워크 셀 상태들 (예를 들면, 실제로 활성화인 RU<sub>j</sub>들 사이에서의 신호 간섭)에 의해서 조절된다. 본원의, 제한하지 않는 구현에서, CQI(i,j)는, 상기 CU 내에 상주하며, 통신 채널들 품질의 측정들/추정들에 할당될 수 있으며 (그리고 각 물리적인 리소스 블록에 대해 할당가능한 바이트들의 개수로서 표현된) 가능한, 불연속의 CQI 값들 (다음에서는 CQI\_val), 그리고 상기 고려된 UE<sub>i</sub>에 의해서 만들어진 모든 RU<sub>j</sub>들을 위한 채널 품질의 측정/추정을 최선으로 근사화하는 CQI 값들의, 값 CQI\_val의 어레이 내에서 위치를 전달하기 위해 각 UE<sub>i</sub>가 상기 CU에게 보고하는, 각 UE<sub>i</sub> 내에 상주하는 대응 CQI 인덱스 매트릭스 (아래에서는, CQI\_ind(i,j))를 전체적으로 포함하는 것으로 가정될 것이다.

[0078] o UE<sub>i</sub>들의 정보. 즉, 다음의 것들에 관하여 각 i-번째 UE<sub>i</sub>를 참조하는 정보:

[0079] 버퍼 사이즈 파라미터 q<sub>i</sub>, 즉, 다운링크 전송에 대해 각 i-번째 UE<sub>i</sub>를 위해서 CU에서 (또는 업링크 전송에 대해 UE<sub>i</sub>에서) 버퍼링된 데이터의 양 (업링크에서, 그런 파라미터는 LTE 및 LTE-어드밴스드 표준들에서 제공된 버퍼 상태 보고에 의해서 상기 CU에게 이용가능하게 만들어진다); 그리고

[0080] 공간적인 레이어 L<sub>i</sub>, 즉, 각 i-번째 UE<sub>i</sub>에 대한 활성화 레이어들의 개수 (캐리어 집성의 접근 방식의 경우에, 활성화 레이어들의 개수 대신에 활성화 전송 프레임들의 개수가 고려될 것이라는 것에 유의해야만 한다).

[0081] o 물리적 리소스 블록 (Physical Resource Block (또는 PRB<sub>k</sub>)), 즉, UE로의 데이터 전송 목적들을 위해서 CU 스케줄러에 의해서 할당된 운송 캐리어들 (예를 들면, 서브-캐리어들)과 같은 기본적인 리소스 할당들의 각 k-번째 그룹.

[0082] o 프레임 크기 FS(j), 즉, 각 j-번째 RU<sub>j</sub>가 신호 전송을 위해서 처분한 주파수 공간의 크기로, PRB<sub>k</sub>들로 표현된다.

[0083] 본 발명에 따라서, 상기 채널 품질 파라미터들은 "맥락화 (contextualized)"된 것으로 인식된다. 즉, 보고된 CQI(i,j) 파라미터들의 측정/추정은, 결정된 PRB<sub>k</sub> 상에서 다음의 활성화 세트 (active set)에서 RU<sub>j</sub>들의 결정된 세트의 활성화를 참고한다.

[0084] 이런 면에서, 본 발명에 따라서, 상기 스케줄링 절차 (200)는 적절한 탈-맥락화 (de-contextualization) 함수 g를 이용하며, 이 함수 g는 대응 "극소 (atomic)" 측정/추정에서 고려된 RU<sub>j</sub>를 위해서, 즉, CQI(i,j) 파라미터 측정/추정 동안에 상기 고려된 RU<sub>j</sub>가 속한 활성화 세트로부터 조절되지 않은, 상관되지 않은, 즉, 탈-맥락화된 측정/추정을 위해서, 예를 들면, 상기 CU 내에 상주하며 그리고 각 i-번째 UE<sub>i</sub>에 대해서 계산된 (업링크 경우) 또는 i-번째 UE<sub>i</sub>에 의해서 보고된 (다운링크 경우) 각 CQI(i,j) 파라미터 측정/추정을 변환할 수 있는 함수로서 정의되며, 그리고 상기 스케줄링 절차 (200)는 맥락화 (contextualization)함수 f를 이용하며, 이 함수 f는, 예를 들면, 또한 상기 CU 내에 상주하며 그리고 상기 만들어진 스케줄링 결정들에 따라서 그리고 특히 각 UE<sub>i</sub>에 대해 상기 스케줄러에 의해서 스케줄링된 활성화 세트들에 따라서 각 UE<sub>i</sub>에 대해 k-번째 PRB<sub>k</sub>를 위한 예상된 양의 비트들을 수정할 수 있는 함수로서 정의된다 (즉, 상기 맥락화 함수 f는 상기 탈-맥락화 함수 g에 관하여 논리적으로 역의 동작을 달성한다). 쉽게 이해되어야 하는 것처럼, 상기 맥락화 함수 f 그리고 탈-맥락화 함수 g는 본 발명을 제한하지 않으며, 이는 그 함수들이 특정의 그리고 경험적인 기준에 따른 모델 또는 어떤 수학적인 공식에 의해서 표현될 수 있기 때문이다. 단지 예로서, 상기 맥락화 함수는 다음과 같을 수 있다:

- [0085] o "제로 (zero)", 상기 RU들 사이의 상호 간섭이 0인 것을 표시한다;
- [0086] o "일정함 (Constant)", 각  $RU_j$ 가 모든 다른  $RU_j$ 들에게 일정한 간섭을 일으키게 하는 것으로 가정된다는 것을 표시한다 (예를 들면, 1과 동일하며, 이것은 간섭 팩터는 탈-맥락화된 CQI 인덱스 매트릭스의 현재 CQI\_ind가 1만큼 감소되어야 하며, 따라서 PRB<sub>k</sub>에 대한 바이트들의 개수는 TBS에서 CQI\_val 값들의 어레이를 이용하여 추정되어야만 한다는 것을 의미한다);
- [0087] o "근접-기반 (Proximity-based)", 각  $RU_j$ 는 이웃하는  $RU_j$ 들에만 일정한 간섭을 일으키게 하며, 그리고 비-이웃한  $RU_j$ 들에게는 간섭을 일으키지 않는다고 가정된다는 것을 표시한다.
- [0088] 상기의 입력 파라미터들을 수신하면, 상기 스케줄링 절차 (200)는 각 UE 버퍼의 현재 상태를 나타내는 현재 버퍼 상태 변수  $B_i$ 를 (예를 들면, 버퍼 크기 파라미터  $q_i$ 의 값에서) 초기화하며 (블록 210), 그리고 "극소 CQI 매트릭스 (Atomic CQI Matrix)" (이하,  $aCQI(i,j,k)$  매트릭스), 즉, (차례로 CQI\_val 어레이 및 CQI\_ind(i,j) 인덱스 테이블로부터 유도된)  $CQI_{i,j,k}$  요소들에게 상기 탈-맥락화 함수  $g$  및 상기 네트워크 셀 특징들에 관한 정보를 적용함으로써 획득된, 그리고 활성 세트에 따라서 피드백 파라미터가 계산되고/추정된 그 활성 세트 (예를 들면, 상기 스케줄링 절차의 5개의 이전의 실행들, 고려된 예에서 5ms에 관련된 활성 세트)로부터 탈-맥락화된 채널 품질을 표시하는 "극소 CQI<sub>i,j,k</sub>" 요소들, 또는  $aCQI_{i,j,k}$  요소들의 매트릭스를 계산한다 (블록 215).
- [0089] 다른 말로 하면,  $aCQI(i,j,k)$  매트릭스의  $aCQI_{i,j,k}$  요소들은 각 k-번째 PRB<sub>k</sub>를 위해서 전송된 비트들의 양, 즉, j-번째  $RU_j$ 만이 k-번째 PRB<sub>k</sub> 상에서 활성이어야만 한다면 각 k-번째 PRB<sub>k</sub>에 대해서 각 i-번째 UE<sub>i</sub>에게 전송될 비트들의 개수를 나타내며, 그래서  $aCQI_{i,j,k}$  요소들의 값들은 상기 활성 세트에 의존하지 않으며 - 이 활성 세트에 따라서 그 값들이 이전에 측정되고/추정되었음 -, 이는  $RU_j$ 들의 활성화된 세트의 결정된 할당 구성에 의해서 원래 조절된  $CQI_{i,j,k}$  요소들 (이 요소들로부터  $aCQI_{i,j,k}$  요소가 유도된다)과는 반대이다.
- [0090] 그러면, 블록 220에서, 스케줄링 절차 (200)는  $aCQI(i,j,k)$  매트릭스가 전체적으로 0 (즉, 그 매트릭스의 모든  $aCQI_{i,j,k}$  요소들이 0임)이 될 때까지 반복하며, 그리고 각 스케줄링된 UE<sub>i</sub>로부터 또는 향한 운송 블록들 전송을 위해서 스케줄링된 RU에 의해서 사용될 운송 블록 크기에 대한 어떤 표시 (할당 매트릭스  $T(i,j,k)$ 에게 맥락화 함수  $f$ 를 적용함으로써 대신에 제공될 정보)도 없이, 각 i-번째 UE<sub>i</sub>로 향하여 각 j-번째  $RU_j$ 를 위해서 할당된 각 k-번째 PRB<sub>k</sub>의 스케줄링된 UE<sub>i</sub>들,  $RU_j$ 들 그리고 PRB<sub>k</sub>들을 나타내는 이전 할당 매트릭스  $T(i,j,k)$ 에 관한 스케줄링 결정들을 제공한다 (블록 225).
- [0091] 도 3을 참조하면, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 스케줄링 알고리즘 (320)의 동작들의 시퀀스를 도시한 흐름도를 개략적으로 보여준다. 상기 스케줄링 알고리즘 (320)은 검은색의 시작 원에서 시작하며, 블록 325에 도달하며, 그 블록에서  $aCQI(i,j,k)$  매트릭스는 대응하는 I-번째 UE<sub>i</sub>들의 현재 버퍼 상태 변수  $B_i$ 를 이용하여 "마스킹"된다 (예를 들면, 각 k-번째 PRB<sub>k</sub>에 대해서  $aCQI(i,j,k)$  매트릭스의 각  $aCQI_{i,j,k}$  요소를  $CQI\_val[CQI\_ind(i,j)]$  내지  $B_i$  사이의 최소값으로 대체함으로써 마스킹하며, 그럼으로써 라디오 리소스들을 낭비하는 것을 회피하게 하며, 이는 i-번째 UE<sub>i</sub> 버퍼의 모든 데이터를 전송하기 위해서 필요한 것들보다 더욱 많은 라디오 리소스들을 할당하는 것이 방지되기 때문이며 (즉, i-번째 UE<sub>i</sub>를 위한 전송 용량의 과대평가는 존재하지 않는다), 그러면 최소 CQI\_val을 구비한  $aCQI(i,j,k)$  매트릭스의  $aCQI_{i,j,k}$  요소가 결정된다 (그래서, 대응하는 마스킹된  $aCQI_{i,j,k}$  요소가 최대 값을 구비하는 i-번째 UE<sub>i</sub>, j-번째  $RU_j$  및 k-번째 PRB<sub>k</sub>는 스케줄링된다).
- [0092] 블록 330에서, 상기 스케줄링 알고리즘 (320)은 할당 매트릭스  $T(i,j,k)$ 를 업데이트하며 (예를 들면, 각 스케줄링된 UE<sub>i</sub>,  $RU_j$  및 PRB<sub>k</sub>에 대해 "1" 값을 연관시킴으로써) 그리고, 필요하다면, 예를 들어 i-번째 UE<sub>i</sub>가 적어도 하나의 레이어 상으로 서비스들을 수신했던 경우에, i-번째 UE<sub>i</sub>를 위해서 사용 중인 레이어들  $L_i$ 의 개수를 또한 업데이트한다.
- [0093] 상기 스케줄링 알고리즘 (320)은 그러면 모든 i-번째 UE<sub>i</sub>들의 현재 버퍼 상태 변수  $B_i$ 를 업데이트한다 (블록 335); 단지 예로서만, 이것은 각 현재 버퍼 상태 변수  $B_i$  값 (예를 들면, 초기에 대응 버퍼 크기 파라미터  $q_i$ 에



서 초기에 세팅됨)을 상기 대응 UE 버퍼에 이미 서빙된 데이터의 실제의 양만큼 감소시켜서 달성될 수 있으며, 상기 데이터의 실제의 양은 대응 벌점 팩터에 의한 RU<sub>j</sub>들 사이에서의 가능한 상호 간섭을 고려한 것이다.

[0094] 그러면, 상기 k-번째 PRB<sub>k</sub> 상에서 j-번째 RU<sub>j</sub>에 관련된 상기 aCQI(i,j,k) 매트릭스의 열 (column)은 0이 되며 그리고, 필요하다면 (예를 들면, 레이어들이 부족하다), i-번째 UE<sub>i</sub>의 남아있는 행 (row) 역시 0으로 된다 (블록 340).

[0095] 블록 345에서, 상기 스케줄링 알고리즘 (320)은 이어지는 새로운 활성 세트에서 사용될 aCQI(i,j,k) 매트릭스의 제로 (0)가 되지 않은 aCQI<sub>i,j,k</sub> 요소들을 업데이트하기 위한 간섭 모델을 적용한다. 본 발명의 실시예에서, 이것은 전송된 현재의 스케줄링 결정에 의해서 결정된 활성 세트의 j-번째 RU<sub>j</sub>가 전송된다면 (또는, 등가적으로, 전송 프레임이 전송되었다면) 발생할 간섭을 표시하는 벌점 팩터 P를 결정하고, 그리고 자기 자신의 간섭 그리고 그것 이전에 활성화된 RU<sub>j</sub>들 상에서 유발된 간섭 둘 모두를 고려하여 (상기 결정된 벌점 팩터 P에 의해서) 현재의 aCQI<sub>i,j,k</sub> 요소들에 벌점을 부여함으로써 업데이트하여 달성된다 (다른 말로 하면, 상기 벌점 팩터는 이전 보고의 CQI(i,j) 파라미터들 그리고 현재의 스케줄링 결정에 의해서 결정된 활성 세트를 고려하여 가정적으로 계산될 수 있을 CQI(i,j) 파라미터들 사이의 차이를 나타낸다).

[0096] 이 방식에서, 스케줄링될 모든 가능한 UE<sub>i</sub>들, RU<sub>j</sub>들, PRB<sub>k</sub>들이 완료될 때까지, 상기 업데이트된 aCQI<sub>i,j,k</sub> 요소들은 새로운 UE<sub>i</sub>, RU<sub>j</sub>, PRB<sub>k</sub> 스케줄링을 위한 새로운, 업데이트된 현재 aCQI(i,j,k) 매트릭스를 형성한다; 도면에 예시적으로 도시된 것처럼, 상기 스케줄링 알고리즘 (320)은 aCQI(i,j,k) 매트릭스의 모든 aCQI<sub>i,j,k</sub> 요소들이 제로 (zero)가 되었는가의 여부를 결정 블록 (350)에서 체크함으로써 이를 달성하며, 그래서 모든 가능한 UE<sub>i</sub>들, RU<sub>j</sub>들, PRB<sub>k</sub>들이 검사되었는가 또는 아닌가를 표시한다. 긍정적인 (모든 요소들이 제로가 된) 경우에, 상기 결정 블록 350의 분기 '예'로 나가서, 상기 스케줄링 알고리즘 (320)은 이종의 종료 검정 원에서 끝나며 (그리고 상기 스케줄링 절차가 종결되도록 하며, 이는 상기 스케줄링 절차가 (하나 또는 그 이상의) UE<sub>i</sub>들로 향하는 (하나 또는 그 이상의) RU<sub>j</sub>들 상에 모든 k-번째 PRB<sub>k</sub>들의 할당을 표시하는 할당 매트릭스 T(i,j,k)를 제공하기 때문이다), 반면 부정적인 (모든 요소들이 제로가 된 것은 아닌) 경우에, 상기 결정 블록 350의 분기 '아니오'로 나가서, 상기 스케줄링 알고리즘 (320)은 상기 aCQI(i,j,k) 매트릭스의 모든 aCQI<sub>i,j,k</sub> 요소들이 제로가 될 때까지 상기에서 설명된 블록들 (325 - 350)의 단계들을 반복한다.

[0097] 완전함 그리고 명료함을 위해서, 다음에 상기 스케줄링 알고리즘 (320)의 실제의 수치적인 동작의 예가 제안되고 간략하게 설명될 것이다. 이런 면에서, 아래의 테이블들에서 도시된 예시적이지만 한정하지는 않은 시나리오를 고려하기로 한다. 상기 테이블들은, 결부된 UE<sub>i</sub>들의 개수, 결부된 RU<sub>j</sub>들의 개수, 고려된 PRB<sub>k</sub>들의 개수 그리고 레이어들 Li의 개수를 포함하는 "일반적인 구성" 테이블, 가능한 (예를 들면, 불연속의) 값들 CQI\_val, 각 i-번째 UE<sub>i</sub>/j-번째 RU<sub>j</sub> 쌍에 대해서 대응하는 연관된 CQI\_val 추정/측정을 참조하는 인덱스를 포함하는 인덱스 테이블 CQI\_ind(i,j), 활성 세트의 구성에 따라서 상기 맥락화 함수 f가 취하는 값들에 의해서 주어진 벌점 팩터 P, 그리고 현재의 버퍼 상태 변수 Bi (초기에는 i-번째 UE<sub>i</sub>의 버퍼 크기 파라미터의 값과 동일한 것으로 가정됨)이다.

표 1

일반적인 구성

[0098]

UE <sub>i</sub> 들의 개수	2
RU <sub>j</sub> 들의 개수	3
PRB <sub>k</sub> 들의 개수	2
레이어들의 개수	2

표 2

[0099]

CQI\_val[CQI\_ind(i,j)]

0	6	15	25	39	50	63	72	80	93
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----

표 3

[0100]

CQI\_ind(i,j)

	RU <sub>1</sub>	RU <sub>2</sub>	RU <sub>3</sub>
UE <sub>1</sub>	6	2	9
UE <sub>2</sub>	4	8	3

표 4

[0101]

벌점 팩터 (Penalization Factor)

(RU <sub>1</sub> ,RU <sub>2</sub> ,RU <sub>3</sub> ) 구성	P=f(RU <sub>1</sub> ,RU <sub>2</sub> ,RU <sub>3</sub> )={P <sub>1</sub> ,P <sub>2</sub> ,P <sub>3</sub> }
(0,0,1)	{0,0,0}
(0,1,0)	{0,0,0}
(1,0,0)	{0,0,0}
(0,1,1)	{0,2,2}
(1,1,0)	{2,2,0}
(1,0,1)	{1,0,1}
(1,1,1)	{3,4,3}

표 5

[0102]

Bi

	qi
UE <sub>1</sub>	93
UE <sub>2</sub>	130

[0103]

설명의 간단함을 위해서, 상기 탈-맥락화 함수 g가 이미 적용되었으며, 이 경우에 인덱스들 CQI\_ind(i,j), 그리고 인덱스들 CQI\_ind(i,j)가 지시하는 값들 CQI\_val가 이미 극소인 경우라고 가정한다. 이런 가정 하에서, 할당될 두 개의 k-번째 PRB<sub>k</sub>들에 대해서, CQI\_val 테이블 그리고 인덱스 테이블 CQI\_ind(i,j)로부터 유도된 aCQI(i,j,k) 행렬은 다음과 같다 (두 개의 별개의 테이블들로 보여지며, 하나의 테이블은 할당될 k-번째 PRB<sub>k</sub>를 위한 것이다):

표 6

[0104]

aCQI(i,j,k=1)

	RU <sub>1</sub>	RU <sub>2</sub>	RU <sub>3</sub>
UE <sub>1</sub>	37	0	0
UE <sub>2</sub>	12	42	0

표 7

[0105]

aCQI(i, j, k=2)

	RU <sub>1</sub>	RU <sub>2</sub>	RU <sub>3</sub>
UE <sub>1</sub>	63	15	93
UE <sub>2</sub>	39	80	25

[0106]

라디오 리소스들을 낭비하는 것을 피하기 위해서, aCQI(i, j, k) 매트릭스는 마스킹 동작 이후에, 즉, 각 CQI\_val[CQI\_ind(i, j)] (즉, aCQI(i, j, k) 매트릭스의 aCQI<sub>i,j,k</sub> 요소의 각 값)를 CQI\_val[CQI\_ind(i, j)] 내지 현재 버퍼 상태 변수 Bi (대응하는 qi 파라미터의 값과 동일한 것으로 초기에 가정된다) 사이의 최소 값으로 대체하여 얻어진다. 문제의 경우에, 상기 UE들의 모든 qi 파라미터들이 많아야 각 aCQI<sub>i,j,k</sub> 요소와 동일하거나, 또는 심지어는 더 높은 값들을 가지기 때문에, 결과인 aCQI(i, j, k) 매트릭스는 마스킹 동작 이후에 상기의 매트릭스와 동일하다.

[0107]

그런 상태에서, 최대 CQI\_val (문제의 이 예에서는 93)을 가지는 aCQI(i, j, k) 매트릭스의 aCQI<sub>i,j,k</sub> 요소는 UE<sub>1</sub>, RU<sub>3</sub>, PRB<sub>1</sub> (i=1, j=3, k=1)에 대응한다. 할당 매트릭스 T(i, j, k)는 업데이트되며 (T<sub>1,3,1</sub> 은 1과 동일하며, UE<sub>1</sub> 로의 데이터 전송을 위해 PRB<sub>1</sub>이 RU<sub>3</sub> 상에 할당된 것을 표시한다).

[0108]

최대의 CQI\_val이 CQI\_val의 가능한 최대의 값과 또한 대응하기 때문에, RU<sub>3</sub> 은 아직 UE<sub>1</sub> 으로 전송되지 않았다. UE<sub>1</sub>을 참조하는 레이어 L1은 하나의 유니트씩 감소된다 (L1 = 1).

[0109]

그러면, 상기 스케줄링 알고리즘은 aCQI(i, j, k) 매트릭스의 현재 상태에 따라서, 즉, 0 (데이터 처리를 위해서 어떤 이용 가능한 버퍼 크기도 제공되지 않는다는 것, 즉, 버퍼가 가득 찬 것을 표시한다) 그리고 (버퍼 크기 파라미터 qi 로부터 제공된 순간까지 데이터를 감소시켜서 얻어진) 남아있는 이용 가능한 버퍼 크기 사이의 최대값을 고려하여 상기 현재 버퍼 상태 변수 Bi를 업데이트한다. 즉:

[0110]

$$o B_1 = \max(0, q_1 - T_{1,3,1} * CQI\_val[CQI\_ind_{1,3}] = 93 - 93) = 0$$

[0111]

$$o B_2 = \max(0, q_2) = 130$$

[0112]

그러면, aCQI<sub>1,3,1</sub>=aCQI<sub>2,3,1</sub>은 제로가 되며 (이는 PRB<sub>1</sub>이 UE<sub>1</sub> 로의 데이터 전송을 위해서 RU<sub>3</sub> 상에 할당되었기 때문이며, 그래서 UE<sub>2</sub> 로의 데이터 전송을 위해 RU<sub>3</sub> 상에 PRB<sub>1</sub> 그 자체를 할당하는 것이 회피된다), 반면에 레이어들이 포화되지 않았기 때문에 UE<sub>1</sub> 의 행의 제로화는 수행되지 않는다.

[0113]

그러면, 업데이트될 각 aCQI<sub>i,j,k</sub> 요소에 대해서, 상기 별점 벡터 P는 업데이트될 aCQI<sub>i,j,k</sub> 요소에 대응하는 RU 그리고 스케줄링된 RU를 포함하는 활성 세트를 위해서 계산되고/인출되며, 그 후 업데이트를 하기 위해서 간섭 모델이 적용된다:

[0114]

$$aCQI_{1,1,1} \left\{ \begin{array}{l} P=f(1,0,1)=\{1,0,1\}=\{P_1,P_2,P_3\} \\ aCQI_{1,1,1}=\max(0, CQI\_val[CQI\_ind_{1,1}-P_1]+T_{1,3,1} * CQI\_val[CQI\_ind_{1,3}} \\ -P_1]-T_{1,3,1} * CQI\_val[CQI\_ind_{1,3}-P_1])=\max(0, 50+80-93)=27 \end{array} \right.$$

[0115]

$$aCQI_{1,2,1} \left\{ \begin{array}{l} P=f(0,1,1)=\{0,2,2\}=\{P_1,P_2,P_3\} \\ aCQI_{1,2,1}=\max(0, CQI\_val[CQI\_ind_{1,2}-P_2]+T_{1,3,1} * CQI\_val[CQI\_ind_{1,3}} \\ -P_2]-T_{1,3,1} * CQI\_val[CQI\_ind_{1,3}-P_2])=\max(0, 0+72-93)=0 \end{array} \right.$$

$$aCQI_{2,1,1} \left\{ \begin{array}{l} P=f(1,0,1)=\{1,0,1\}=\{P_1,P_2,P_3\} \\ aCQI_{2,1,1}=\max(0,CQI\_val[CQI\_ind_{2,1}-P_1]+T_{1,3,1}*CQI\_val[CQI\_ind_{1,3}-P_2]-T_{1,3,1}*CQI\_val[CQI\_ind_{1,3}-P_3])=\max(0,25+80-93)=12 \end{array} \right.$$

[0116]

$$aCQI_{2,2,1} \left\{ \begin{array}{l} P=f(0,1,1)=\{0,2,2\}=\{P_1,P_2,P_3\} \\ aCQI_{2,2,1}=\max(0,CQI\_val[CQI\_ind_{2,2}-P_1]+T_{1,3,1}*CQI\_val[CQI\_ind_{1,3}-P_2]-T_{1,3,1}*CQI\_val[CQI\_ind_{1,3}-P_3])=\max(0,63+72-93)=42 \end{array} \right.$$

[0117]

[0118] 그래서, 업데이트된 aCQI(i,j,k) 매트릭스는 다음과 같다:

[0119]  $\begin{matrix} \text{RU} & \text{RU}_1 & \text{RU}_2 & \text{RU}_3 \\ \text{aCQI}(i,j,k=1) & & & \end{matrix}$

	RU <sub>1</sub>	RU <sub>2</sub>	RU <sub>3</sub>
UE <sub>1</sub>	37	0	0
UE <sub>2</sub>	12	42	0

[0120]  $\begin{matrix} \text{RU} & \text{RU}_1 & \text{RU}_2 & \text{RU}_3 \\ \text{aCQI}(i,j,k=2) & & & \end{matrix}$

	RU <sub>1</sub>	RU <sub>2</sub>	RU <sub>3</sub>
UE <sub>1</sub>	63	15	93
UE <sub>2</sub>	39	80	25

[0121] aCQI(i,j,k) 매트릭스가 아직 제로가 아니기 때문에, 상기 스케줄링 알고리즘은 새로운 스케줄링 결정을 위해서 재반복된다.

[0122] 이 경우에, 최대 CQI\_val (즉, 80이며, 이전처럼, 현재 버퍼 상태 변수로 aCQI(i,j,k) 매트릭스를 마스킹한 이후임)을 가진 ACM 매트릭스의 aCQI<sub>i,j,k</sub> 요소는 UE<sub>2</sub>,RU<sub>2</sub>,PRB<sub>2</sub> (i=2,j=2,k=2)에 대응하는 것이다. 할당 매트릭스 T(i,j,k)는 업데이트된다 (T<sub>2,2,2</sub> 는 1과 같으며, 이것은 UE<sub>2</sub>로의 데이터 전송을 위해서 RU<sub>2</sub> 상에서 PRB<sub>2</sub>가 할당된 것을 표시한다).

[0123] UE<sub>2</sub>에 참조된 레이어 L2는 한 유닛씩 감소된다 (L2=1).

[0124] 이전처럼, 상기 스케줄링 알고리즘은 그러면 현재 버퍼 상태 변수 B<sub>i</sub>를 업데이트한다. 즉:

[0125] o B<sub>1</sub> = 0 (이전과 같음)

[0126] o B<sub>2</sub> = max(0, q2 - T<sub>2,2,2</sub>\*CQI\_VAL[CQI<sub>2,2</sub>])=max(0,130-80)=50

[0127] 그러면, aCQI<sub>2,2,2</sub>=aCQI<sub>1,2,2</sub>는 제로화된다 (이는 PRB<sub>2</sub>가 UE<sub>2</sub> 로의 데이터 전송을 위해서 RU<sub>2</sub> 상에 할당되었기 때문이며, 그래서 UE<sub>1</sub> 로의 데이터 전송을 위해 RU<sub>2</sub> 상에 PRB<sub>2</sub> 그 자체를 할당하는 것이 회피된다), 반면에 레이어들이 포화되지 않았기 때문에 UE<sub>2</sub> 의 행의 제로화는 수행되지 않는다.

[0128] 그러면, 업데이트될 각 aCQI<sub>i,j,k</sub> 요소에 대해서, 대응 벌점 팩터 P는 계산되고/인출되며, 그 후 업데이트를 하기

위해서 간접 모델이 적용된다:

[0129]  $aCQI_{1,1,2}$

$$\left\{ \begin{array}{l} P=f(1,1,0)=\{2,2,0\}=\{P_1,P_2,P_3\} \\ aCQI_{1,1,2}=\max(0,CQI\_val[CQI\_ind_{1,1}-P_1]+T_{2,2,2}*CQI\_val[CQI\_ind_{2,2} \\ -P_2]-T_{2,2,2}*CQI\_val[CQI\_ind_{2,2}-P_3])=\max(0,39+63-80)=22 \end{array} \right\}$$

[0130]  $aCQI_{2,1,1}$

$$\left\{ \begin{array}{l} P=f(1,1,0)=\{2,2,0\}=\{P_1,P_2,P_3\} \\ aCQI_{2,1,1}=\max(0,CQI\_val[CQI\_ind_{2,1}-P_1]+T_{2,2,2}*CQI\_val[CQI\_ind_{2,2} \\ -P_2]-T_{2,2,2}*CQI\_val[CQI\_ind_{2,2}-P_3])=\max(0,15+63-80)=0 \end{array} \right\}$$

[0131]  $aCQI_{1,3,1}$

$$\left\{ \begin{array}{l} P=f(0,1,1)=\{0,2,2\}=\{P_1,P_2,P_3\} \\ aCQI_{1,3,1}=\max(0,CQI\_val[CQI\_ind_{1,3}-P_3]+T_{2,2,2}*CQI\_val[CQI\_ind_{2,2} \\ -P_2]-T_{2,2,2}*CQI\_val[CQI\_ind_{2,2}-P_1])=\max(0,72+63-80)=55 \end{array} \right\}$$

[0132]  $aCQI_{2,3,1}$

$$\left\{ \begin{array}{l} P=f(0,1,1)=\{0,2,2\}=\{P_1,P_2,P_3\} \\ aCQI_{2,3,1}=\max(0,CQI\_val[CQI\_ind_{2,3}-P_3]+T_{2,2,2}*CQI\_val[CQI\_ind_{2,2} \\ -P_2]-T_{2,2,2}*CQI\_val[CQI\_ind_{2,2}-P_1])=\max(0,6+63-80)=0 \end{array} \right\}$$

[0133] 그래서, 업데이트된 aCQI(i, j, k) 매트릭스는 다음과 같다:

[0134]  $\# 10$   
aCQI(i, j, k=1)

	RU <sub>1</sub>	RU <sub>2</sub>	RU <sub>3</sub>
UE <sub>1</sub>	37	0	0
UE <sub>2</sub>	12	42	0

[0135]  $\# 11$   
aCQI(i, j, k=2)

	RU <sub>1</sub>	RU <sub>2</sub>	RU <sub>3</sub>
UE <sub>1</sub>	22	0	55
UE <sub>2</sub>	0	0	0

[0136] 업데이트된 aCQI(i, j, k) 매트릭스가 아직 제로가 아니기 때문에, 상기 스케줄링 알고리즘은 새로운 스케줄링 결

정을 위해서 재반복된다.

[0137] 이 경우에, 최대 CQI\_val (즉, 42이며, 현재 버퍼 상태 변수로 aCQI(i,j,k) 매트릭스를 마스킹한 이후임)을 가진 aCQI(i,j,k) 매트릭스의 aCQI<sub>i,j,k</sub> 요소는 UE<sub>2</sub>,RU<sub>2</sub>,PRB<sub>1</sub> (i=2,j=2,k=1)에 대응하는 것이다. 할당 매트릭스 T(i,j,k)는 업데이트되며 (T<sub>2,2,1</sub> 은 1과 같다), 반면에, RU<sub>2</sub> 가 UE<sub>2</sub>로 이미 전송했기 때문에, UE<sub>2</sub>에 참조된 레이어 L2는 변하지 않는다.

[0138] 그러면, 상기 스케줄링 알고리즘은 aCQI(i,j,k) 매트릭스의 현재 상태에 따라서 현재 버퍼 상태 변수 B<sub>i</sub>를 업데이트한다. 이 경우에, RU<sub>2</sub> 가 상기 PRB<sub>1</sub> 상에서 RU<sub>3</sub> 와 공간적으로 간섭하기 때에 버퍼 B<sub>1</sub>은 비어있지 않으며 - 그래서 벌점 팩터는 P<sub>3</sub>=2 (P=f(0,1,1)={0,2,2}={P<sub>1</sub>,P<sub>2</sub>,P<sub>3</sub>})와 동일하며, 즉:

[0139] o B<sub>1</sub>=max(0, q1 - T<sub>1,3,1</sub>\*CQI\_val[CQI\_ind<sub>1,3</sub> - P<sub>3</sub>])=max(0,93-72)=21,

[0140] 반면에 버퍼 B<sub>2</sub>는 일상적으로 계산될 수 있다:

[0141] o B<sub>2</sub>=max(0, q2 - T<sub>2,2,1</sub>\*CQI\_val[CQI\_ind<sub>2,2</sub> - P<sub>2</sub>])=max(0,130-80-63)=0.

[0142] 그러면, aCQI<sub>2,2,1</sub>=aCQI<sub>1,2,1</sub>가 제로화되며, 벌점 팩터들은 계산되고/회수되며, 그러면 aCQI(i,j,k) 매트릭스의 aCQI<sub>i,j,k</sub> 요소들을 업데이트하기 위해서 간섭 모델이 적용된다. 그 결과인 매트릭스는 다음과 같다:

표 12

aCQI(i,j,k=1)

	RU <sub>1</sub>	RU <sub>2</sub>	RU <sub>3</sub>
UE <sub>1</sub>	0	0	0
UE <sub>2</sub>	0	0	0

표 13

aCQI(i,j,k=2)

	RU <sub>1</sub>	RU <sub>2</sub>	RU <sub>3</sub>
UE <sub>1</sub>	22	0	55
UE <sub>2</sub>	0	0	0

[0145] 업데이트된 aCQI(i,j,k) 매트릭스가 아직 제로가 아니기 때문에, 상기 스케줄링 알고리즘은 다른 스케줄링 결정을 위해서 재반복된다.

[0146] 이 경우에, 최대 CQI\_val (즉, 55이며, 현재 버퍼 상태 변수로 aCQI(i,j,k) 매트릭스를 마스킹한 이후임)을 가진 aCQI(i,j,k) 매트릭스의 aCQI<sub>i,j,k</sub> 요소는 UE<sub>1</sub>,RU<sub>3</sub>,PRB<sub>2</sub> (i=1,j=3,k=2)에 대응하는 것이다. 할당 매트릭스 T(i,j,k)는 업데이트되며 (T<sub>1,3,2</sub> 은 1과 같다), 반면에, RU<sub>3</sub> 이 UE<sub>1</sub> 로 이미 전송했기 때문에, UE<sub>2</sub>에 참조된 레이어 L2는 변하지 않는다.

[0147] 그러면, 상기 스케줄링 알고리즘은 현재 버퍼 상태 변수 B<sub>i</sub>를 업데이트한다. 이 경우에, 버퍼 B<sub>2</sub>는 비어있지 않으며, 이는 RU<sub>2</sub> 가 PRB<sub>2</sub> 상에서 RU<sub>3</sub> 와 간섭하기 때문이며 (그래서, 2와 동일한 벌점 팩터를 가진다), 즉:

[0148] o B<sub>2</sub>= max(0, 130-80-63)=0.

[0149] 반면에 버퍼 B<sub>1</sub>은

[0150] o B<sub>1</sub>=max(0, 93-72-72)=0.

[0151] 그러면,  $aCQI_{1,3,2}=aCQI_{2,3,2}$  은 제로화되며, 별점 팩터들은 계산되고/인출되며 그리고  $aCQI(i,j,k)$  매트릭스의  $aCQI_{i,j,k}$  요소들을 업데이트하기 위해서 간접 모델이 적용된다. 이 포인트에서, 상기 매트릭스는 비어 있으며 그리고 스케줄링 알고리즘은 종료하며 그리고 아래에서 예시된 할당 매트릭스를 제공한다:

제 14

[0152]  $T(i,j,k=1)$

	$RU_1$	$RU_2$	$RU_3$
$UE_1$	0	0	1
$UE_2$	0	1	0

제 15

[0153]  $T(i,j,k=2)$

	$RU_1$	$RU_2$	$RU_3$
$UE_1$	22	0	1
$UE_2$	0	1	0

[0154] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 스케줄링 절차의 스케줄링 알고리즘 (420)의 동작들을 시퀀스를 보여주는 흐름도를 개략적으로 보여준다.

[0155] 상기 스케줄링 알고리즘 (420)은 검은 시작 원에서 시작하며, 그 후에 결정 블록 (425)에 도달하며, 그 블록에서  $aCQI(i,j,k)$  매트릭스가 적어도 하나의 인덱스 트리플  $(i,j,k)$ 을 구비하여, 대응하는  $aCQI_{i,j,k}$  요소가 0과 상이한가의 여부를 체크하기 위한 테스트가 실행된다. 긍정적인 경우에, 결정 블록 (425)의 분기 '예'로 나가서, 상기 스케줄링 알고리즘 (420)은, 현재 버퍼 상태 변수  $B_i$ 가 최소값을 가지는  $UE_i$ ,  $RU_j$  및  $PRB_k$ 를 스케줄링하기 위한 스케줄링 사이클을 시작한다; 더 상세하게는, 각 스케줄링 사이클 동안에, 스케줄링 알고리즘 (420)은 인덱스 트리플  $(i,j,k)$ 를 선택하고, 할당 매트릭스  $T(i,j,k)$ 의 대응  $T_{i,j,k}$  요소를 (예를 들면, "1"로 세팅하여) 업데이트하고 (블록 430), 그리고 상기 선택된 트리플  $(i,j,k)$ 에 대응하는  $aCQI_{i,j,k}$  요소가 전송을 위해서 사용된다는 것을 가정함으로써 (예를 들면, 이전처럼  $aCQI(i,j,k)$  매트릭스 그리고 별점 팩터를 통해서) 상기 현재 버퍼 상태 변수  $B_i$ 를 계산한다 (블록 435).

[0156] 그러면, 상기 스케줄링 알고리즘 (420)은 결정 블록 (440)에 도달하며, 그 블록에서 상기 선택된 인덱스 트리플  $(i,j,k)$ 이 (스케줄링을 위한) 최선의 선택인가의 여부를 체크하기 위한 테스트가 실행된다. 그것을 체크하기 위해서, 처리량 최대 등과 같은 어떤 적절한 기준이 사용될 수 있을 것이다; 그런 경우에, 상기 결정 블록 (440)은, 예를 들면, 상기 선택된 인덱스 트리플  $(i,j,k)$ 에 대응하는 값  $B_i$ 를 이전의 스케줄링 사이클 동안에 최소  $B_i$ 를 가진 것으로 확인되었던 (세이브된) 인덱스 트리플  $(i,j,k)$ 에 대응하는 값  $B_i$ 와 비교함으로써 최소  $B_i$ 를 체크하기 위해서 설정된다 (이전처럼, 스케줄링된 UE의 현재 버퍼 상태 변수  $B_i$ 를 계산하고/업데이트하는 것은 상기 스케줄링된 UE의 버퍼 크기 파라미터  $q_i$ 를, 대응하는 사용자 장비 버퍼에 이미 서빙된 데이터의 실제 양만큼 감소시키는 것을 포함하며, 상기 실제의 데이터 양은 대응하는 별점 팩터에 의한 상기 활성 세트 사이에서의 상호 간섭을 고려한 것이다).

[0157] 긍정적인 경우에, 상기 결정 블록 (440)의 분기 '예'로 나가서, 블록 445에서 상기 스케줄링 알고리즘 (420)은  $(i,j,k)$  인덱스 트리플을 세이브하며 - 그리고 대응하는 새로운  $aCQI(i,j,k)$  매트릭스 설정을 저장한다 -, 상기 인덱스 트리플은  $B_i$ 의 가장 낮은 값을 결정하는 것으로서 발견되었으며 (실제로,  $B_i$ 가  $i$ -번째 UE로의 큐 내의 데이터를 나타내기 때문에,  $B_i$ 의 낮은 값들은 고속 데이터 전송에 대응하며, 반면에  $B_i$ 의 높은 값들은 저속 데이터 전송에 대응한다), 그럼으로써 블록 450에 도달한다 (여기에서 상기 할당 매트릭스  $T(i,j,k)$ 의  $T_{i,j,k}$  요소는 예를 들면 "0"으로 세팅되며 그리고  $T_{i,j,k} = 0$ 의 값이 세이브된다); 그렇지 않다면, 상기 결정 블록 (440)의

분기 '아니오'로 나가서, 상기 스케줄링 알고리즘은 블록 450으로 직접 점프한다.

[0158] 상기 블록들 (430-450)의 동작들은, 상기 스케줄링 사이클이 다른 모든 인덱스 트리플들 (i,j,k)을 선택하여 그것들의 값들 B<sub>i</sub>를 현재의 최대값 B<sub>i</sub>와 비교하지 않는 한 재반복된다. 이런 점에서, 결정 블록 455에서 상기 스케줄링 알고리즘 (420)은 모든 인덱스 트리플들 (i,j,k)이 고려되었는가 (인덱스 트리플들 (i,j,k)이 종료되었는가)의 여부를 체크한다. 긍정적인 경우에, 결정 블록 (455)의 '예' 분기로 나가서, 상기 스케줄링 알고리즘 (420)은 B<sub>i</sub>의 가장 낮은 값을 결정한 인덱스 트리플 (i,j,k)에 대응하는 할당 매트릭스 T(i,j,k)의 T<sub>i,j,k</sub> 요소를 1로 세팅한다 (블록 460) - 그리고, 이전처럼, 스케줄링된 UE 용의 활성 레이어들의 개수를 업데이트한다 - 반면에 부정적인 경우에, 결정 블록 (455)의 '아니오' 분기로 나가서, 상기 스케줄링 알고리즘 (420)은 모든 이용 가능한 인덱스 트리플들 (i,j,k)이 고려될 때까지 스케줄링 사이클의 새로운 반복들을 위해서 블록 430으로 돌아간다.

[0159] 그래서, 스케줄링 사이클의 모든 반복들 이후에, 스케줄링된 i-번째 UE, j-번째 RU, 그리고 k-번째 PRB는 블록 460에서 이용 가능하다. 이 포인트에서, 상기에서의 스케줄링 알고리즘과 유사한 방식으로, 예를 들면, 스케줄링된 PRB를 위해서 스케줄링된 RU에 관련된 aCQI<sub>i,j,k</sub> 요소들 (즉, 스케줄링된 PRB<sub>k</sub> 상 스케줄링된 RU에 관련된 aCQI(i,j,k) 매트릭스의 열)을 제로화 함으로써, 스케줄링되지 않은 UE<sub>i</sub>, RU<sub>j</sub> 및 PRB<sub>k</sub> 각각의 aCQI<sub>i,j,k</sub> 요소들 (0과는 상이함)을 업데이트함으로써, 그리고 필요하다면 (레이어들이 스케줄링된 UE<sub>i</sub>를 위해서 종료됨), 스케줄링된 UE<sub>i</sub>에 관련된 aCQI(i,j,k) 매트릭스의 행을 제로화함으로써, 상기 스케줄링 알고리즘 (420)은 aCQI(i,j,k) 매트릭스를 업데이트한다 (블록 465). 이전처럼 각 aCQI<sub>i,j,k</sub> 요소를 업데이트하는 것은, 현재의 스케줄링 결정에 의해서 결정된 활성 세트의 j-번째 RU<sub>j</sub>가 전송했다면 발생할 수 있을 간섭을 나타내는 별점 팩터 P를 그 요소에 적용하는 것, 그리고 현재의 aCQI<sub>i,j,k</sub> 요소들에 (결정된 별점 팩터 P에 의해서) 별점을 부과해서 업데이트하여 자기 자신의 간섭 그리고 그것 이전에 활성화된 RU<sub>j</sub>들 상에서 유도된 간섭 모두를 고려하는 것을 포함한다.

[0160] 업데이트된 aCQI(i,j,k) 매트릭스는 그래서 데이터 전송을 위해서 사용되며, 그리고 다음의 스케줄링 결정을 위한 새로운 기반을 형성한다. 이런 면에서, 상기 스케줄링 알고리즘 (420)은 aCQI(i,j,k) 매트릭스가 제로화될 때까지 재반복된다 (실제로, 도면에서 보이는 것처럼, 블록 465로부터의 스케줄링 알고리즘 (420)은 블록 425로 돌아가며, 그래서 aCQI(i,j,k) 매트릭스가 일단 제로가 되면 이중 종료 원에서 종료한다 (결정 블록 (425)의 분기 '아니오'로 나간다).

[0161] 위에서 설명된 스케줄링 알고리즘의 실제적인 예가 여기에서 개시된다.

[0162] 이전의 실시예의 스케줄링 알고리즘을 예시하기 위해서 가정된 동일한 시나리오를 고려하기로 하지만, 후자는 상이하며, 버퍼들의 값들은 임계적인 것들이다 (q<sub>1</sub>=85; q<sub>2</sub>=143). 스케줄링 알고리즘 (420)의 상기 단계들은 여기에서 간략하게 예시된다.

[0163] 먼저, B<sub>1</sub>=0, B<sub>2</sub>=0 으로부터 시작하면, 다음의 매트릭스가 얻어진다:

[0164] 
$$T_{1,1,1} = 1$$

	B <sub>i</sub>
UE <sub>1</sub>	63
UE <sub>2</sub>	0

[0165] 
$$T_{1,2,1} = 1$$

	B <sub>i</sub>
UE <sub>1</sub>	15



UE <sub>2</sub>	0
-----------------	---

㉘ 18

[0166]  $T_{1,3,1} = 1$

	B <sub>i</sub>
UE <sub>1</sub>	85
UE <sub>2</sub>	0

㉘ 19

[0167]  $T_{1,1,2} = 1$

	B <sub>i</sub>
UE <sub>1</sub>	63
UE <sub>2</sub>	0

㉘ 20

[0168]  $T_{1,2,2} = 1$

	B <sub>i</sub>
UE <sub>1</sub>	15
UE <sub>2</sub>	0

㉘ 21

[0169]  $T_{1,3,2} = 1$

	B <sub>i</sub>
UE <sub>1</sub>	85
UE <sub>2</sub>	0

㉘ 22

[0170]  $T_{2,1,1} = 1$

	B <sub>i</sub>
UE <sub>1</sub>	0
UE <sub>2</sub>	39

㉘ 23

[0171]

$$T_{2,2,1} = 1$$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	0
UE <sub>2</sub>	80

##

[0172]

$$T_{2,3,1} = 1$$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	0
UE <sub>2</sub>	25

##

[0173]

$$T_{2,1,2} = 1$$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	0
UE <sub>2</sub>	39

##

[0174]

$$T_{2,2,2} = 1$$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	0
UE <sub>2</sub>	80

##

[0175]

$$T_{2,3,2} = 1$$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	0
UE <sub>2</sub>	25

[0176]

최선의 구성은 T1,3,1=1 이며, 그래서 PRB<sub>1</sub>이 할당되며, aCQI1,3,1 요소의 대응 행은 삭제되며 그리고 B<sub>1</sub>=85, B<sub>2</sub>=0 이 고려된다:

##

[0177]

$$T_{1,1,1} = 1$$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	85
UE <sub>2</sub>	0

[0178]

$$T_{1,2,1} = 1$$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	72
UE <sub>2</sub>	0

[0179]

$$T_{1,1,2} = 1$$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	85
UE <sub>2</sub>	0

[0180]

$$T_{1,2,2} = 1$$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	85
UE <sub>2</sub>	0

[0181]

$$T_{1,3,2} = 1$$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	85
UE <sub>2</sub>	0

[0182]

$$T_{2,1,1} = 1$$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	85
UE <sub>2</sub>	25

[0183]

제 34  
 $T_{2,2,1} = 1$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	72
UE <sub>2</sub>	63

[0184]

제 35  
 $T_{2,1,2} = 1$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	85
UE <sub>2</sub>	39

[0185]

제 36  
 $T_{2,2,2} = 1$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	85
UE <sub>2</sub>	80

[0186]

제 37  
 $T_{2,3,2} = 1$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	85
UE <sub>2</sub>	25

[0187]

최선의 구성은  $T_{2,2,2}=1$  이며, 그래서 PRB<sub>1</sub> 이 할당되며, aCQI<sub>2,2,2</sub> 요소의 대응 행은 삭제되며 그리고  $B_1=85$ ,  $B_2=80$  이 고려된다:

[0188]

제 38  
 $T_{1,1,1} = 1$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	85
UE <sub>2</sub>	80

[0189]

$$T_{1,2,1} = 1$$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	72
UE <sub>2</sub>	80

## 40

[0190]

$$T_{1,1,2} = 1$$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	85
UE <sub>2</sub>	63

## 41

[0191]

$$T_{1,3,2} = 1$$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	85
UE <sub>2</sub>	63

## 42

[0192]

$$T_{2,1,1} = 1$$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	80
UE <sub>2</sub>	105

## 43

[0193]

$$T_{2,2,1} = 1$$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	72
UE <sub>2</sub>	143

## 44

[0194]

$$T_{2,1,2} = 1$$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	85
UE <sub>2</sub>	78

예 45

[0195]  $T_{2,3,1} = 1$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	85
UE <sub>2</sub>	69

[0196] 최선의 구성은  $T_{2,2,1}=1$  이며, 그래서 PRB<sub>1</sub> 이 할당되며, aCQI<sub>2,2,1</sub> 요소의 대응 행은 삭제되며 그리고  $B_1=72$ ,  $B_2=143$  이 고려된다:

예 46

[0197]  $T_{1,1,1} = 1$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	85
UE <sub>2</sub>	119

예 47

[0198]  $T_{1,1,2} = 1$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	85
UE <sub>2</sub>	126

예 48

[0199]  $T_{1,3,2} = 1$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	85
UE <sub>2</sub>	126

예 49

[0200]  $T_{2,1,1} = 1$

	$B_i$
UE <sub>1</sub>	63
UE <sub>2</sub>	125

예 50

[0201]  $T_{2,1,2} = 1$

	$B_i$
$UE_1$	72
$UE_2$	141

[0202]  $T_{2,3,2} = 1$

	$B_i$
$UE_1$	72
$UE_2$	132

[0203] 더 나은 구성이 발견되지 않기 때문에, 스케줄링 알고리즘을 종결한다. 그러므로,  $UE_1$  그리고  $UE_1$  의 버퍼들은 각각 다음의 값들까지 비워질 수 있다:

[0204]  $q_1 = 85 - 72 = 13$

[0205]  $q_2 = 143 - 143 = 0$

[0206] 자연스럽게, 로컬의 그리고 특정 요구사항들을 만족시키기 위해서, 본 발명이 속한 기술 분야에서의 통상의 지식을 가진 자는 위에서 설명된 솔루션에 많은 논리적인 그리고/또는 물리적인 수정들 및 대안들을 적용할 수 있을 것이다. 더 상세하게는, 비록 본 발명이 바람직한 실시예를 특정한 정도로 상세하게 설명했지만, 발명의 상이한 실시예들은 물론이며 형상 및 상세한 내용들에서의 다양한 생략, 치환 및 변경이 가능하다는 것이 이해되어야만 한다. 특히, 본 발명에 대한 더욱 완전한 이해를 제공하기 위해서 이전의 설명에서 제시되었던 특정의 상세한 내용없이도 본 발명의 상이한 실시예들이 실행될 수 있을 것이다; 반대로, 불필요한 상세한 내용들로 상기 설명을 거추장스럽게 하지 않도록 하기 위해서 잘 알려진 특징들이 생략되거나 또는 간략화될 수 있을 것이다. 더욱이, 본 발명의 어떤 개시된 실시예들에 연결하여 설명된 특정 요소들 및/또는 방법 단계들은 일반적인 설계의 선택의 문제로서 어떤 다른 실시예에 통합될 수 있을 것이라는 것이 명시적으로 의도되었다.

[0207] 예를 들면, 본 발명의 실시예에 따른 솔루션은 (유사한 단계들을 이용하고, 본질적이지 않은 몇몇의 단계들을 제거하고, 또는 추가의 옵션의 단계들을 추가함으로써) 동등한 방법을 통해서 구현되도록 그 스스로를 제공한다; 더욱이, 상기 단계들은 (적어도 부분적으로) 상이한 순서로, 동시에 또는 인터리빙된 방식으로 수행될 수 있을 것이다.

[0208] 또한, 비록 본 발명의 스케줄링 알고리즘들의 공통적인 원칙들이 DAS 시스템들을 포함하는 무선 통신 네트워크들에 적용하는 것으로서 설명되었지만, 이것은 한정적인 것으로 해석되면 안 된다; 실제로, 상기 설명된 스케줄링 알고리즘들은, 비록 DAS 시스템이 제공되는 않지만 리소스 할당의 면에서 유사한 문제 공식화들을 포함하는 많은 다른 통신 네트워크 구성들에, 실질적인 변경들을 하지 않고 그리고 본 발명의 범위로부터 벗어나지 않으면서 개념적으로 사용될 수 있을 것이다. 이런 면에서, 본 출원인은 캐리어 집성을 구현한 통신 네트워크들을 또한 연구하였으며, 그리고 (다음에 간략하게 설명될 것처럼) 캐리어 집성이 여기에서 개시된 (일반적인) DAS 문제점의 특별한 서브-케이스로서 고려되어야만 한다는 것을 발견했으며, 이는 DAS 시스템들과 함께 제공된 통신 네트워크를 위해서 개발된 상기 스케줄링 알고리즘들이 캐리어 집성 환경에도 또한 완전하게 적용 가능하도록 만든다.

[0209] 실제로, 본 발명의 상세한 설명의 도입 부분에서 간략하게 설명된 것처럼, 대역폭 확장을 달성하기 위한 캐리어 집성은 LET-어드밴스드의 주요한 향상 특징이다.

[0210] 위에서 표기와 유사한 표기를 사용함으로써, LET-어드밴스드에서 각 UE는 자신의 감지된 다운링크 채널 상태를 eNodeB 스케줄러에게  $CQI_{i,j}$  값으로서 보고하며, 이는 상기 eNodeB 가 사용해야 하는 전송 블록 크기 (Transmission Block Size (TBS)), 즉, 간접적으로 PRB 당 비트들의 개수를 결정한다

[0211] 단일의 UE<sub>i</sub>는 동일한 타임-주파수 리소스 상에서 상이한 RU<sub>j</sub>들로부터의 전송을 수신할 수 있을 것이다. 실제로, 그런 전송들은 공간적으로 분리된 것이며, 그러므로 충분히 높은 확률로 UE<sub>i</sub>에서 재구축될 수 있다. 이런 면에서, 각 UE<sub>i</sub>는 최대 개수의 공간적으로 분리된 레이어들 (이 최대 개수는 주어진 TTI에서 UE<sub>i</sub>를 목표로 삼을 수 있는 RU<sub>j</sub>들의 개수보다 더 작을 수도 있고 또는 더 많을 수도 있을 것이다)을 동시에 디코드할 수 있으며, 반면에 채널이 동시에 지원할 수 있을 레이어들의 개수는 시간에 따라서 변한다 (그리고 그 개수는 상기 UE<sub>i</sub>에 의해서 추정되며 그리고 eNodeB 스케줄러에게 순위 표시자 (Rank Indicator) 또는 RI로 보고된다). 그래서, 주어진 TTI에서, UE<sub>i</sub>는 공간적으로 분리된 레이어들을 RI개까지 수신할 수 있을 것이다.

[0212] 상기 스케줄러는 j=1,2,... M 개의 분산된 RU<sub>j</sub>들을 조절하며, 그래서 M 개의 프레임들을 구축한다. 각 RU<sub>j</sub>는 k=1,2,...B<sub>j</sub> 개 PRB<sub>k</sub>들의 프레임들을 전송한다. 네트워크 셀은 i=1,2,...N개 UE<sub>i</sub>들을 위한 서비스를 제공하며, 그리고 UE<sub>i</sub>로 향하는 백로그 (물리적으로 상기 eNodeB에서 큐 되어 있음)는 q<sub>i</sub>로 표시한다 ("UE 백로그", 따라서 아이들 (idle) 그리고 백로그된 UE<sub>i</sub>들과는 구별된다). 각 UE<sub>i</sub>는 k<sub>i</sub>개까지의 RU<sub>j</sub>들로부터 동시에 데이터를 수

신할 수 있으며, 이 경우에 k<sub>i</sub>는 상기 UE<sub>i</sub>에 의해서 보고된 RI를 나타낸다. 
$$K = \sum_{i=1}^N k_i$$
는 주어진 시각에 이용 가능한 레이어들의 전체 개수를 나타내며, CQI<sub>i,j</sub>는 i-번째 UE<sub>i</sub>로 향하는 PRB<sub>k</sub>에 j-번째 RU<sub>j</sub>가 놓아줄 비트들의 개수를 나타내며, 그리고 x<sub>i,j</sub>는 j-번째 RU<sub>j</sub>에 의해서 i-번째 UE<sub>i</sub>에 할당된 PRB<sub>k</sub>들의 개수를 나타낸다. TBS는 그것을 계산하기 위해서 채택된 PRB들의 개수가 증가하면 선형으로 증가한다고 또한 가정되며, 그래서 CQI<sub>i,j</sub>\* x<sub>i,j</sub>는 i-번째 UE<sub>i</sub>가 j-번째 RU<sub>j</sub>로부터 수신하는 비트들의 전체 개수이다.

[0213] 상기와 같은 가정들 하에서, 각 TTI 상에서 최적의 처리량을 보장하는 리소스 할당을 계산하는 목적은 다음과 같이 공식화될 수 있다:

$$\begin{aligned} & \max \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (CQI_{i,j} \cdot x_{i,j} - p_{i,j}) \\ & s.t. \\ & \sum_{j=1}^M (CQI_{i,j} \cdot x_{i,j} - p_{i,j}) \leq q_i \quad \forall i \quad (i) \\ & p_{i,j} \leq CQI_{i,j} - 1 \quad \forall i, j \quad (ii) \\ & \sum_{i=1}^N x_{i,j} \leq B_j \quad \forall j \quad (iii) \\ & \sum_{j=1}^M b_{i,j} \leq k_i \quad \forall i \quad (iv) \\ & x_{i,j} \geq b_{i,j} \quad \forall i, j \quad (v) \\ & x_{i,j} \leq b_{i,j} \cdot B \quad \forall i, j \quad (vi) \\ & b_{i,j} \in [0,1], p_{i,j}, x_{i,j} \in Z^- \quad \forall i, j \quad (vii) \end{aligned}$$

[0214]

[0215] 다음의 모델링 변수들이 도입된다:

[0216] - p<sub>i,j</sub>: i-번째 UE<sub>i</sub>가 j-번째 RU<sub>j</sub>로부터 수신한 패딩으로, PRB<sub>k</sub>들이 고정된 개수의 비트들을 포함한다는 사실로 인한 것이다. 분명하게, 패딩은 목적하는 기능으로부터 감소되어야만 하며, 이는 전체 프레임들이 아이들 (idle) UE<sub>i</sub>들에게 높은 CQI<sub>i,j</sub>로 할당되는 것을 피하기 위한 것이다.



[0217] -  $b_{i,j}$ :  $j$ -번째  $RU_j$ 가  $i$ -번째  $UE_i$ 를 서빙하고 있다는 것을 선언하는 이진 (binary) 변수.

[0218] 제약 (i)은 각  $UE_i$ 가 자신의 백로그를 소거하기 위해서 필요한 것보다 더 많은 PRB<sub>k</sub>들을 수신하지 않는다는 것을 보증하며, 반면에 제약 (ii)는 상기 스케줄러가 패딩의 전체 PRB<sub>k</sub>들을 할당하는 것을 방지한다. 반면에, 제약 (iii)은 각  $RU_j$ 에 대한 프레임 길이에 제한을 두도록 강제한다. 제약 (iv)는 동시의 레이어들의 최대 개수에 관한 것이며, 반면에 제약 (v - vi)은  $b_{i,j}=1$ 이라면  $x_{i,j}$ 가 양이 되도록, 그렇지 않은 경우에는 널 (null)이 되도록

강제한다.  $B$ 는 상수로  $B \geq B_j, \forall j$  이며, 그래서 제약 (vi)은  $b_{i,j}=1$ 일 때에는 불활성이다.

[0219] 캐리어 집성이 가능한 셀에서, LTE  $UE_i$ 들은 상이한 타임-주파수 리소스 상에서 상이한 캐리어들 상으로 전송들을 수신할 수 있을 것이며, LTE-어드밴스드  $UE_i$ 들은 동일한 TTI 동안에 다중의 캐리어들 상에서 전송을 수신할 수 있을 것이다.

[0220] LTE-어드밴스드  $UE_i$ 는 주어진 TTI에서 이용 가능한 모든 캐리어들로부터의 데이터를 동시에 디코딩할 수 있다. 스케줄러는  $M$ 개의 캐리어들을 조정하며, 그래서  $M$ 개의 프레임들을 구축한다. 각 캐리어  $j$  상에서,  $B_j$  개의 PRB들의 프레임이 전송된다. 셀은  $i=1,2, \dots, N$  개  $UE_i$ 들을 위해 서비스를 제공하며, 그리고  $q_i$ 는  $i$ -번째  $UE_i$ 로 향하는 백로그 (물리적으로는 eNodeB에서 큐 (queue) 되어 있음)를 표시한다. LTE-어드밴스드  $UE_i$ 는 모든  $RU_j$ 들로부터

의 데이터를 동시에 수신할 수 있다.  $K = \sum_{i=1}^N k_i$ 는 주어진 시각에 이용할 수 있는 캐리어들의 전체 개수를 표시하며,

[0221]  $CQI_{i,j}$ 는  $i$ -번째  $UE_i$ 로 향하는 캐리어  $j$ 의 PRB<sub>k</sub>에 eNodeB가 놓아줄 비트들의 개수를 표시하며, 그리고  $x_{i,j}$ 는 캐리어  $j$  상에서  $i$ -번째  $UE_i$ 에 할당된 PRB<sub>k</sub>들의 개수를 표시한다. TBS는 그것을 계산하기 위해서 채택된 PRB<sub>k</sub>들의 개수가 증가하면 선형으로 증가한다고 또한 가정되며, 그래서  $CQI_{i,j} * x_{i,j}$ 는  $i$ -번째  $UE_i$ 가 캐리어  $j$  상에서 수신하는 비트들의 전체 개수이다.

[0222] 상기와 같은 정의들 그리고 가정들 하에서, 최적-처리량 문제의 캐리어 집성-인식 버전은 다음과 같이 공식화될 수 있다:

$$\max \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^M (CQI_{i,j} \cdot x_{i,j} - p_{i,j})$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^M (CQI_{i,j} \cdot x_{i,j} - p_{i,j}) \leq q_i \quad \forall i \quad (i)$$

$$p_{i,j} \leq CQI_{i,j} - 1 \quad \forall i, j \quad (ii)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{i,j} \leq B_j \quad \forall j \quad (iii)$$

$$\sum_{j=1}^M b_{i,j} \leq k_i \quad \forall i \quad (iv)$$

$$x_{i,j} \geq b_{i,j} \quad \forall i, j \quad (v)$$

$$x_{i,j} \leq b_{i,j} \cdot B \quad \forall i, j \quad (vi)$$

$$b_{i,j} \in [0,1], p_{i,j}, x_{i,j} \in Z^+ \quad \forall i, j \quad (vii)$$

[0223]

[0224] 다음의 모델링 변수들이 도입된다:

[0225] -  $p_{i,j}$ :  $i$ -번째 UE <sub>$i$</sub> 가 캐리어  $j$  상에서 수신한 패딩으로, PRB <sub>$k$</sub> 들이 고정된 개수의 바이트들을 포함한다는 사실로 인한 것이다. 분명하게, 패딩은 목적하는 기능으로부터 감소되어야만 하며, 이는 전체 프레임들이 아이들(idle) UE들에게 높은 CQI <sub>$i,j$</sub> 로 할당되는 것을 피하기 위한 것이다.

[0226] -  $b_{i,j}$ :  $i$ -번째 UE <sub>$i$</sub> 를 위해서 캐리어  $j$ 가 데이터를 운반한다는 것을 선언하는 이진 변수.

[0227] 제약 (i)은 각 UE <sub>$i$</sub> 가 자신의 백로그를 소거하기 위해서 필요한 것보다 더 많은 PRB <sub>$k$</sub> 들을 수신하지 않는다는 것을 보증하며, 반면에 제약 (ii)는 상기 스케줄러가 패딩의 전체 PRB <sub>$k$</sub> 들을 할당하는 것을 방지한다. 반면에, 제약 (iii)은 각 캐리어에 대한 프레임 길이에 제한을 두도록 강제한다. 제약 (iv)는 동시 캐리어들의 최대 개수에 관한 것이며, 반면에 제약 (v - vi)은  $b_{i,j}=1$ 이라면  $x_{i,j}$ 가 양이 되도록, 그렇지 않은 경우에는 널(null)이 되

$$B \geq B_j \forall j$$

도록 강제한다.  $B$ 는 상수로  $B_j$ 이며, 그래서 제약 (vi)은  $b_{i,j}=1$ 일 때에는 불활성이다.

[0228] 그러므로, 상기의 분석적인 공식들을 비교함으로써 보이는 것처럼, DAS-인식 처리량 최대화 문제는 캐리어 집성-인식 처리량 문제와 실질적으로 부합하며, 그래서 본 발명이 속한 기술 분야에서의 통상의 지식을 가진 어떤 자도 DAS 시스템 환경을 위해서 위에서 설명된 스케줄링 알고리즘을 캐리어 집성 환경에 (그래서, 어떤 다른 유사한 환경에도) 쉽게 적용시킬 수 있을 것이다.

[0229] 비록 상기 설명된 스케줄링 알고리즘이 다운링크 방향에서 실질적으로 동작하는 것으로서 고려되었지만, 이것은 한정하는 방식으로 이해되어서는 안 된다. 실제로, 본 발명에 따른 스케줄링 알고리즘들은 업링크 방향에도 동등하게 적용될 수 있을 것이다; 이런 면에서, 도시되지 않는 대안의 실시예에서, 상기 UE들에 의해서 보고된 CQI들은 상기 UE들을 위해서 eNodeB에 의해서 수행된 채널 추정으로 대체되며, 그리고 다운링크 전송에서의 버퍼 크기 파라미터들은 업링크 전송에서의 버퍼 크기 파라미터들로 대체되며, 이 버퍼 크기 파라미터는 LTE 표준 그리고 LTE-어드밴스드 표준에 의해서 제공된 BSR ((Buffer Status Report))의 보고 덕분에 eNodeB에서 이용 가능한 것이다.

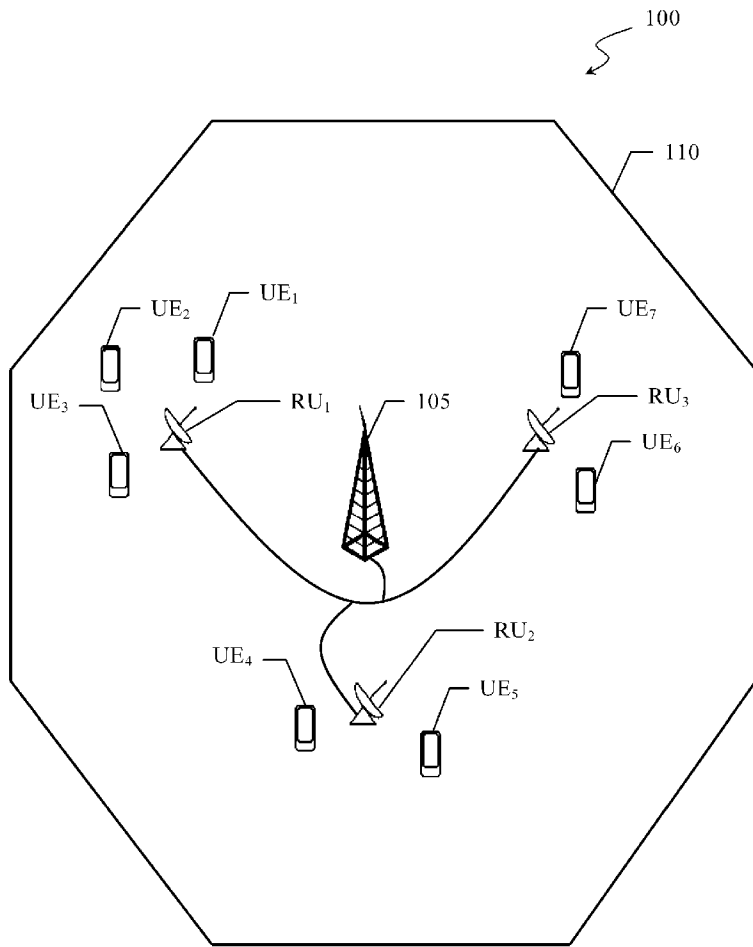
[0230] 더욱이, 스케줄링 결정이 업링크 피드백 정보 및 다운링크 피드백 정보 둘 모두, 또는 그것들의 어떤 조합을 기반으로 하는 방식으로 상기 스케줄링 알고리즘을 구현하는 것을 어떤 것도 방해하지 않는다.

[0231] 추가로, 무선 통신 네트워크가 상이한 구조를 가진다면, 또는 동등한 컴포넌트들을 포함한다면, 또는 다른 동작 특징들을 가진다면, 유사한 고려들이 적용된다. 어떤 경우에건, 어떤 컴포넌트도 여러 요소들로 나누어질 수 있을 것이며, 둘 또는 그 이상의 컴포넌트들은 단일의 요소로 결합될 수 있을 것이다; 추가로, 각 컴포넌트는 대응하는 동작들을 병행하여 실행하는 것을 지원하기 위해서 복제될 수 있을 것이다. 상이한 컴포넌트들 사이에서의 어떤 상호작용도 (다르게 표시되지 않는다면) 연속적인 필요는 없으며, 그리고 그것은 직접적인 것 그리고 하나 또는 그 이상의 중개들을 통한 간접적인 것 둘 모두일 수 있다.

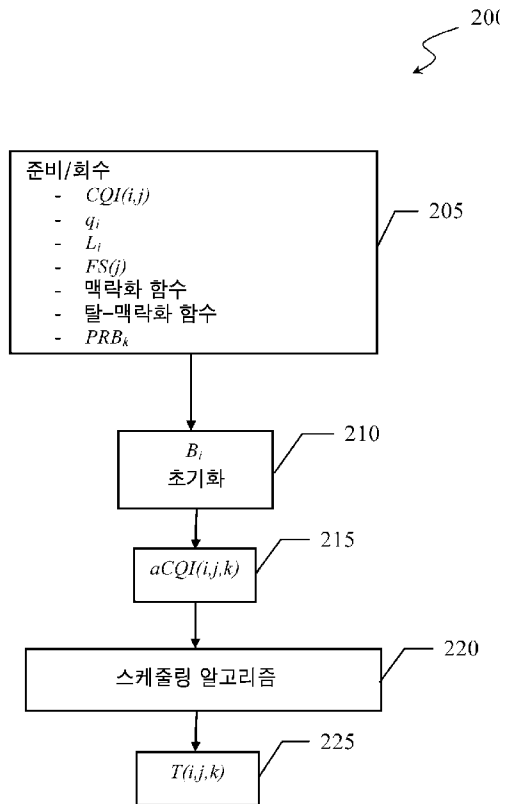
[0232] 더욱이, 본 발명을 위해서 LTE-어드밴스드 표준을 기반으로 하는 무선 통신 네트워크에 대해 명시적으로 참조했지만, 어떤 특별한 무선 통신 시스템 구조 또는 프로토콜의 구현으로 한정되는 것은 본 출원인의 의도가 아니라 는 것이 이해되어야만 한다. 이런 면에서, 적당한 간단한 수정을 하여 본 발명의 링크 스케줄링 알고리즘이 다른 공개된 또는 독점의 통신 프로토콜들, 예를 들면, 그 중에서도 WiMAX에 또한 적용되는 것이 역시 가능하다.

도 1

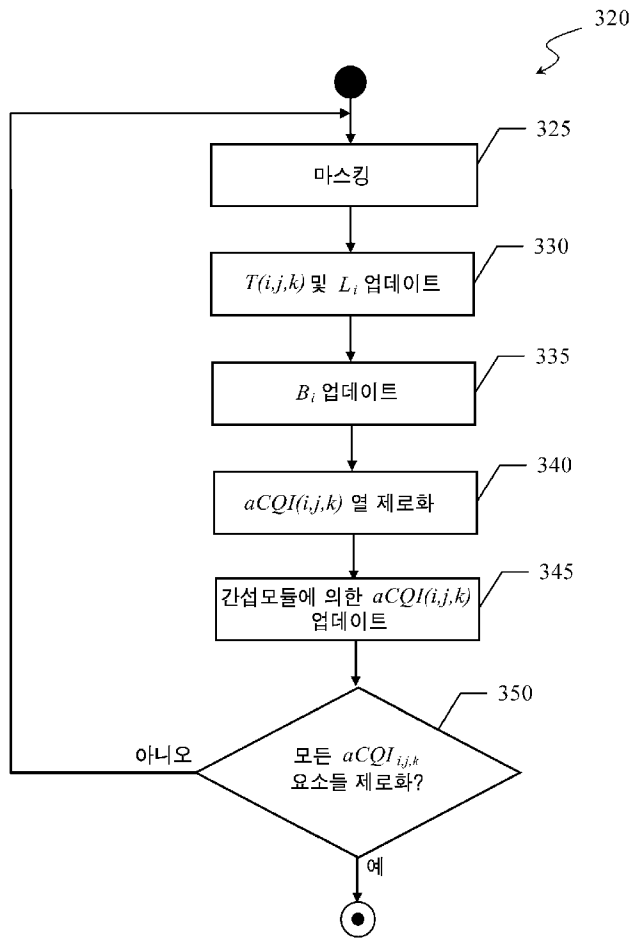
도 1



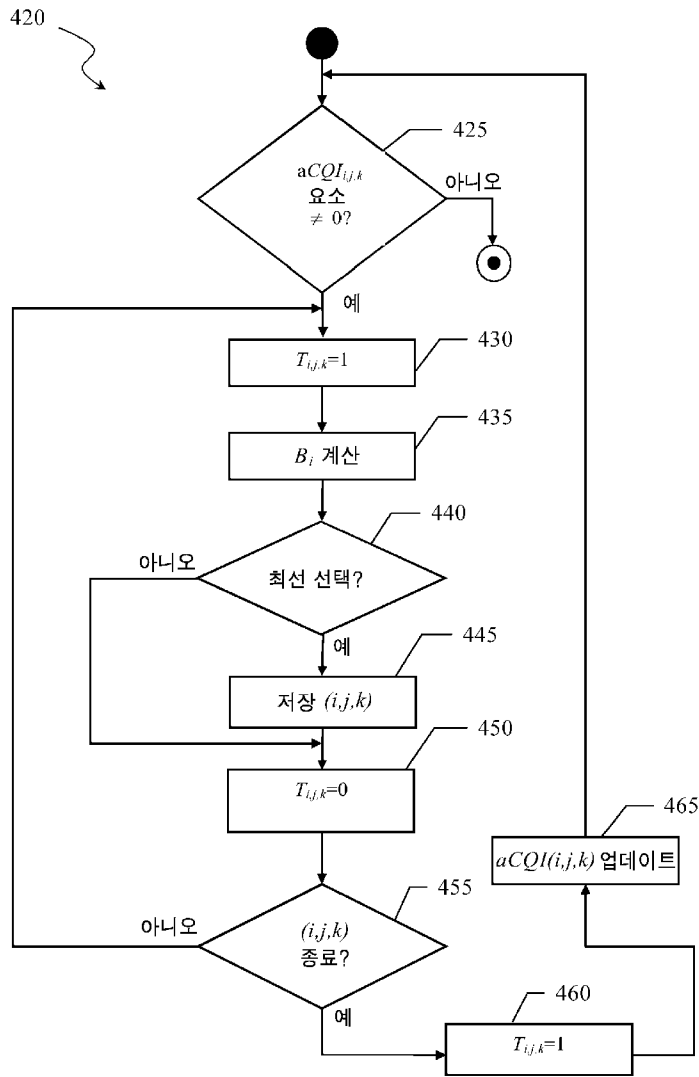
도면



도면 3



도면 4



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항제7항 7번째줄

【변경전】

상기 제로화하는 단계 (304 또는 465)

【변경후】

상기 제로화하는 단계 (340 또는 465)