



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년04월20일  
(11) 등록번호 10-1728840  
(24) 등록일자 2017년04월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04B 7/005 (2006.01) H04B 7/02 (2017.01)  
(21) 출원번호 10-2013-7026315  
(22) 출원일자(국제) 2011년03월03일  
심사청구일자 2015년09월24일  
(85) 번역문제출일자 2013년10월04일  
(65) 공개번호 10-2014-0010429  
(43) 공개일자 2014년01월24일  
(86) 국제출원번호 PCT/EP2011/053225  
(87) 국제공개번호 WO 2012/116755  
국제공개일자 2012년09월07일  
(56) 선행기술조사문헌  
US20110035639 A1\*  
Malte Schellmann, et al., "A Fair Score-Based Scheduler for Spatial Transmission Mode Selection," Conf. Record of the Forty-First Asilomar Conf. on Signals, Sys. and Computers, p. 19, (2007.11.04-07)\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
텔레콤 이탈리아 소시에떼 페 아찌오니  
이탈리아 밀라노 20123 비아 가에타노 네그리 1  
(72) 발명자  
안드레오찌 마테오 마리아  
이탈리아 아이-56122 피사 비아 카루소 16 우니베르시타 디 피사 디아이피. 인제네리아 델'인포르마치오네  
카레티 마르코  
이탈리아 아이-10148 토리노 비아 쥐. 레이스 로물리 274 텔레콤 이탈리아 소시에떼 페 아찌오니  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
리엔특특허법인

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 신상길

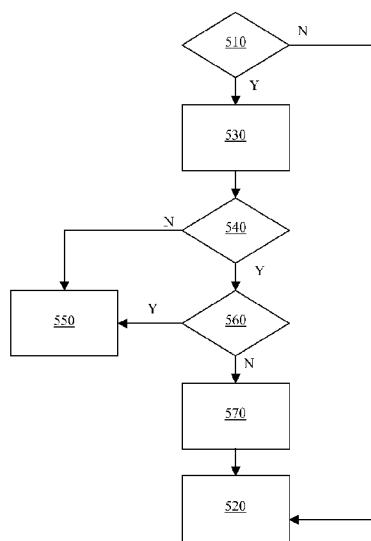
(54) 발명의 명칭 LTE 스케줄링

(57) 요약

해당 지역 내에 위치해 있는 해당 사용자 단말기들로부터 데이터를 전송/수신하기 위한 해당 지역에 연관된 적어도 하나의 기지국을 포함하는 무선 통신 네트워크에서 수행되는 방법이 개시되어 있다. 상기 방법은 각각의 기지국에 대하여 사용자-레이트(user-rate) 매트릭스를 생성하는 단계를 포함한다. 상기 사용자-레이트 매트릭스

(뒷면에 계속)

도 5



의 각각의 요소는, 한 세트의 미리 결정된 전송 모드들 중에서 선택된 전송 모드를 이용하여 전송이 상기 기지국 으로부터 상기 해당 지역 내에 위치해 있는 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 그룹으로 그리고 상기 해당 지역 내에 위치해 있는 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 그룹으로부터 상기 기지국으로 이루어지는 경우에 달성가능 한 레이트 면에서 상기 해당 지역 내에 위치해 있는 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 그룹에 해당 스코어를 제 공한다. 상기 방법은 상기 사용자-레이트 매트릭스의 요소들이 내림차순의 스코어로 분류되어 있는 스케줄링 리 스트를 생성하기 위해 상기 사용자-레이트 매트릭스의 요소들을 처리하는 단계, 및 상기 기지국으로/으로부터의 데이터의 전송/수신을 위해 스케줄링 리스트를 기반으로 하여 해당하는 선택된 전송 모드를 각각의 사용자 단말 기에 연관시키는 단계를 부가적으로 포함한다. 상기 한 세트의 미리 결정된 전송 모드들은 적어도 공간 다중화 전송 모드, 송신 다이버시티 전송 모드 및 다중-사용자 다중-입력 다중-출력 전송 모드를 포함한다.

(72) 발명자

**판티니 로베르토**

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

**미글리오리니 다니엘레**

이탈리아 아이-56122 피사 비아 카루소 16 유니베 르시타 디 피사 디아이피. 인제네리아 델'인포르마 치오네

**파가노 제네로소**

이탈리아 아이-58045 파가니코 (그로세토) 비아 피. 레오폴도 31

**사벨라 다리오**

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

**스테아 지오반니**

이탈리아 아이-56122 피사 비아 카루소 16 유니베 르시타 디 피사 디아이피. 인제네리아 델'인포르마 치오네

명세서

청구범위

청구항 1

해당 지역(110) 내에 위치해 있는 해당 사용자 단말기들(UE(q))로/로부터 데이터를 전송/수신하기 위한 해당 지역(110)에 연관된 적어도 하나의 기지국(105)을 포함하는 무선 통신 네트워크(100)에서 수행되는 방법에 있어서,

상기 방법은,

- 각각의 기지국에서, 사용자-레이트(user-rate) 매트릭스를 수신하는 단계로서, 상기 사용자-레이트 매트릭스의 각각의 요소는, 한 세트의 미리 결정된 전송 모드들 중에서 선택된 전송 모드를 이용하여 전송이 상기 기지국으로부터 상기 해당 지역 내에 위치해 있는 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 그룹으로 그리고 상기 해당 지역 내에 위치해 있는 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 그룹으로부터 상기 기지국으로 이루어지는 경우에 달성 가능한 레이트 면에서 상기 해당 지역 내에 위치해 있는 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 그룹에 해당 스코어를 제공하는, 단계,

- 상기 기지국에서, 상기 사용자-레이트 매트릭스의 요소들이 내림차순의 스코어로 분류되어 있는 스케줄링 리스트를 생성하기 위해 상기 사용자-레이트 매트릭스의 요소들을 처리하는 단계, 및

- 상기 기지국으로/으로부터의 데이터의 전송/수신을 위해 스케줄링 리스트를 기반으로 하여 해당하는 선택된 전송 모드를 각각의 사용자 단말기에 연관시키는 단계;

를 포함하며,

- 상기 한 세트의 미리 결정된 전송 모드들은 적어도 공간 다중화 전송 모드, 송신 다이버시티 전송 모드 및 다중-사용자 다중-입력 다중-출력 전송 모드를 포함하고, 그리고

- 각각의 지역 대역폭이 대응하는 복수 개의 자원 블록들(RB(b))로 분할되고, 상기 사용자-레이트 매트릭스는 각각의 서브-매트릭스가 특정 자원 블록에 대응하는 복수 개의 대응하는 서브-매트릭스들을 포함하며, 서브-매트릭스의 각각의 요소는, 상기 대응하는 자원 블록을 사용하여 상기 한 세트의 미리 결정된 전송 모드들 중에서 선택된 전송 모드를 이용하여 전송이 상기 기지국으로부터 상기 해당 지역 내에 위치해 있는 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 그룹으로 그리고 상기 해당 지역 내에 위치해 있는 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 그룹으로부터 상기 기지국으로 이루어지는 경우에 상기 해당 지역 내에 위치해 있는 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 그룹에 해당 스코어를 제공하고, 상기 사용자 단말기 그룹은 한 쌍의 사용자 단말기들을 포함하는 것을 특징으로 하는, 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서, 각각의 서브-매트릭스는, 상기 해당 지역에 내재하는 사용자 단말기들의 수에 상응하는 제1 개수의 열(row)들 및 상기 제1 개수에 1을 더한 값에 상응하는 제2 개수의 행(column)들로 배열된 각각의 서브-매트릭스의 요소들을 포함하고, 각각의 열의 서브-매트릭스는 대응하는 사용자 단말기에 상응하며 각각의 행의 서브-매트릭스는 마지막 행을 제외하고 대응하는 사용자 단말기에 상응하고, 각각의 서브-매트릭스는,

- 상기 대응하는 자원 블록을 사용하여 상기 공간 다중화 전송 모드를 이용함으로써 상기 기지국으로부터 상기 사용자 단말기로 그리고 상기 사용자 단말기로부터 상기 기지국으로 전송이 이루어지는 경우에 주 대각선(main diagonal)에 속하는 각각의 서브-매트릭스의 각각의 요소가 상기 열의 요소에 상응하는 사용자 단말기의 스코어를 나타내도록 이루어져 있으며;

- 상기 대응하는 자원 블록을 사용하여 다중-사용자 다중-입력 다중-출력 전송 모드를 이용함으로써 상기 기지국으로부터 상기 사용자 단말기 쌍으로 그리고 상기 사용자 단말기 쌍으로부터 상기 기지국으로 전송이 이루어

지는 경우에 상기 주 대각선이나 또는 상기 마지막 행에 속하지 않는 각각의 서브-매트릭스의 각각의 요소가 상기 열의 요소에 상응하는 상기 사용자 단말기 쌍 중 하나의 사용자 단말기와 상기 행의 요소에 상응하는 상기 사용자 단말기 쌍 중 다른 하나의 사용자 단말기를 포함하는 상기 사용자 단말기 쌍의 스코어를 나타내도록 이루어져 있고, 그리고

- 상기 대응하는 자원 블록을 사용하여 송신 다이머시티 전송 모드를 이용함으로써 상기 기지국으로부터 상기 사용자 단말기로 그리고 상기 사용자 단말기로부터 상기 기지국으로 전송이 이루어지는 경우에 상기 마지막 행에 속하는 각각의 서브-매트릭스의 각각의 요소가 상기 열의 요소에 상응하는 상기 사용자 단말기의 스코어를 나타내도록 이루어져 있는, 방법.

**청구항 4**

제3항에 있어서, 상기 스케줄링 리스트를 생성하도록 상기 사용자-레이트 매트릭스의 요소들을 처리하는 단계는,

- 상기 사용자-레이트 매트릭스를 기반으로 하여 부가적인 매트릭스를 생성하는 단계로서, 상기 부가적인 매트릭스는 제1 개수와 동일한 열들의 개수 및 제2 개수와 동일한 행들의 개수를 지니며, 상기 부가적인 매트릭스의 각각의 열은 각각의 서브-매트릭스의 해당 열과 연관되어 있으며, 상기 부가적인 매트릭스의 각각의 행은 각각의 서브-매트릭스의 해당 행과 연관되어 있고, 상기 부가적인 매트릭스의 열 및 행에 속하는 부가적인 매트릭스의 각각의 요소는 상기 부가적인 매트릭스의 열 및 행에 연관된 서브-매트릭스들의 해당 열 및 해당 행에 속하는 서브-매트릭스들의 요소들의 값들에 의존하는, 단계, 및

- 상기 해당 지역 내에 위치해 있는 사용자 단말기들 중 각각의 사용자 단말기가 상기 스케줄링 리스트에 리스트되어 있는 열 또는 행에 상응하는 열 또는 행에 위치해 있는 각각의 서브-매트릭스의 요소를 지닐 때까지,

상기 부가적인 매트릭스의 가장 큰 요소를 찾아내는 단계;

상기 부가적인 매트릭스의 가장 큰 요소의 열 및 행에 연관된 열들 및 행들에 위치해 있는 서브-매트릭스들의 요소들을 상기 스케줄링 리스트에 삽입하는 단계로서, 상기 삽입은 스코어 내림차순에 따라 수행되는, 단계, 및

상기 가장 큰 요소의 열 및 행에 속하는 부가적인 매트릭스의 요소들을 제로(zero)에 맞추며, 제1 열 매트릭스 인덱스가 제1 행 매트릭스 인덱스와는 다르고 제1 행 매트릭스 인덱스가 상기 제2 개수와 다를 때 상기 가장 큰 요소가 제1 열 매트릭스 인덱스에 의해 식별되는 부가적인 매트릭스의 열에 그리고 제1 행 매트릭스 인덱스에 의해 식별되는 부가적인 매트릭스의 행에 위치해 있는 경우에, 상기 제1 행 매트릭스 인덱스와 동일한 제2 열 매트릭스 인덱스에 의해 식별되는 열에 그리고 상기 제1 열 매트릭스 인덱스와 동일한 제2 행 매트릭스 인덱스에 의해 식별되는 행에 속하는 부가적인 매트릭스의 요소들을 또한 제로(zero)에 맞추는 단계;

를 반복하는 단계;

를 포함하는, 방법.

**청구항 5**

제4항에 있어서, 상기 사용자-레이트 매트릭스를 기반으로 하여 상기 부가적인 매트릭스를 생성하는 단계는 상기 부가적인 매트릭스의 열 및 행에 속하는 부가적인 매트릭스의 각각의 요소를 한 그룹의 값들의 합산에 의존하는 값으로 설정하는 단계를 포함하며, 상기 그룹의 값들 각각은,

- 상기 부가적인 매트릭스의 열 및 행에 연관된 개별 서브-매트릭스의 해당 열 및 해당 행에 속하는 개별 서브-매트릭스의 요소, 및

- 2의 거듭승(power of 2)

간의 나눗셈의 몫에 상응하는, 방법.

**청구항 6**

제4항에 있어서, 상기 사용자-레이트 매트릭스를 기반으로 하여 상기 부가적인 매트릭스를 생성하는 단계는 상기 부가적인 매트릭스의 열 및 행에 속하는 부가적인 매트릭스의 각각의 요소를 상기 부가적인 매트릭스의 열 및 행에 연관된 서브-매트릭스들의 해당 열들 및 해당 행들에 속하는 서브-매트릭스들의 한 세트의 가장 큰 요소들에 의존하는 값으로 설정하는 단계를 포함하는, 방법.

**청구항 7**

제6항에 있어서, 상기 스케줄링 리스트를 생성하도록 상기 사용자-레이트 매트릭스의 요소들을 처리하는 단계는,

상기 해당 지역 내에 위치해 있는 사용자 단말기들 중 각각의 사용자 단말기가 상기 스케줄링 리스트에 리스트되어 있는 열 또는 행에 상응하는 열 또는 행에 위치해 있는 각각의 서브-매트릭스의 요소를 지닐 때까지,

- 상기 사용자-레이트 매트릭스의 가장 큰 요소를 찾아내는 단계로서, 상기 가장 큰 요소는 복수 개의 서브-매트릭스들 중 특정한 서브-매트릭스의 특정 열 및 특정 행에 속하는, 단계;

- 상기 특정 열 및 상기 특정 행에 상응하는 사용자 단말기 또는 사용자 단말기들에 상응하는 열 및 행에 위치해 있는 복수 개의 서브-매트릭스들의 요소들을 상기 스케줄링 리스트에 삽입하는 단계로서, 상기 삽입은 스코어 내림차순에 따라 수행되는, 단계, 및

- 각각의 서브-매트릭스에서, 상기 특정 열 및 상기 특정 행에 상응하는 사용자 단말기 또는 사용자 단말기들에 상응하는 열 및 행에 속하는 요소들을 제로(zero)에 맞추고, 제1 열 매트릭스 인덱스가 제1 행 매트릭스 인덱스와는 다르고 제1 행 매트릭스 인덱스가 상기 제2 개수와 다를 때 상기 특정 열이 제1 열 매트릭스 인덱스에 의해 식별되고 상기 특정 행이 제1 행 매트릭스 인덱스에 의해 식별되는 경우에, 상기 제1 행 매트릭스 인덱스와 동일한 제2 열 매트릭스 인덱스에 의해 식별되는 특정 서브-매트릭스의 열에 상응하는 사용자 단말기에 상응하는 열에 그리고 상기 제1 열 매트릭스 인덱스와 동일한 제2 행 매트릭스 인덱스에 의해 식별되는 특정 서브-매트릭스의 행에 상응하는 사용자 단말기에 상응하는 행에 속하는 요소들을 또한 제로(zero)에 맞추는 단계;

를 반복하는 단계를 포함하는, 방법.

**청구항 8**

제1항에 있어서, 상기 스케줄링 리스트를 기반으로 하여 각각의 단말기에 해당하는 선택된 전송 모드를 연관시키는 단계는 동일한 선택된 전송 모드를 상기 사용자 단말기에 할당되는 모든 자원 블록들 상에 연관시키는 단계를 포함하는, 방법.

**청구항 9**

제1항에 있어서,

상기 방법은,

- 각각의 서브-매트릭스에 대하여, 상기 서브-매트릭스에 상응하는 자원 블록 상의 셀간 간섭(inter-cell interference)을 나타내는 가중치를 가지고 각각의 요소의 값을 스케일링하는 단계;

를 부가적으로 포함하는, 방법.

**청구항 10**

제1항에 있어서,

상기 방법은,

- 상기 스케줄링 리스트를 기반으로 하여, 각각의 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 쌍에 대하여 각각의 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 쌍에 할당될 해당 자원 블록 그룹을 제공하는 할당 리스트를 생성하는 단계, 및

- 상기 할당 리스트를 기반으로 하여, 서비스 품질(quality of service) 요건을 고려하는 상기 기지국으로/으로 부터의 데이터의 전송/수신에 대하여, 각각의 자원 블록을 특정 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 쌍에 할당하는 단계

를 부가적으로 포함하는, 방법.

**청구항 11**

제10항에 있어서, 상기 할당 리스트를 생성하는 단계는,

- 서비스 클래스 그룹의 각각의 서비스 클래스에 대하여 긴급 데이터(urgent data)를 지니는 사용자 단말기들의

해당 긴급 대기열을 정의하는, 서비스 클래스 그룹을 지니는 단계,

- 긴급 대기열을 이루고 있는 각각의 사용자 단말기에 대하여,
  - 상기 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 쌍의 긴급 데이터가 마무리되는 조건;
  - 미리 결정된 최대 허용가능한 데이터량에 이르는 조건; 및
  - 더 이상의 비어 있는 자원 블록들이 존재하지 않는 조건;

중의 적어도 하나의 조건이 충족될 때까지 새로운 비어 있는 자원 블록들을 가지고 긴급 대기열을 이루고 있는 각각의 사용자 단말기에 할당될 해당 자원 블록 그룹을 업데이트하는 단계

를 포함하는, 방법.

**청구항 12**

제11항에 있어서, 상기 할당 리스트를 생성하는 단계는,

- 각각의 사용자 단말기에 대하여, 새로운 비어 있는 자원 블록을 가지고 각각의 사용자 단말기에 할당될 해당 자원 블록 그룹을 업데이트하는 단계를 부가적으로 포함하며, 상기 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 쌍은 자신의 채널 품질에서 국부 피크(local peak)를 지니는, 방법.

**청구항 13**

제12항에 있어서, 상기 할당 리스트를 생성하는 단계는,

- 각각의 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 쌍에 대하여, MaxCI-같은 동작에 따른 새로운 비어 있는 자원 블록을 가지고 각각의 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 쌍에 할당될 해당 자원 블록 그룹을 업데이트하는 단계를 부가적으로 포함하는, 방법.

**청구항 14**

제11항에 있어서, 상기 기지국으로/으로부터의 데이터의 전송/수신을 위해 각각의 자원 블록을 특정 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 쌍에 할당하는 단계는 적어도 하나의 자원 블록이 이미 할당된 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 쌍에 새로운 자원 블록을 할당하는 것이 셀 처리능력에 유리한 지를 검증함으로써 동일한 코드워드 에 속하는 모든 자원 블록들이 동일한 변조 및 부호화 스킴을 사용하도록 하나의 자원 블록 상에 사용될 변조 및 부호화 스킴을 적응적으로 선택하는 단계를 부가적으로 포함하는, 방법.

**청구항 15**

해당 지역 내에 위치해 있는 해당 사용자 단말기들로/로부터의 데이터의 전송/수신을 위해 해당 지역에 연관된 적어도 하나의 기지국을 포함하는 무선 통신 네트워크에 있어서, 제1항 및 제3항 내지 제14항 중 어느 한 항의 방법을 수행하도록 구성된 스케줄러를 포함하는, 무선 통신 네트워크.

*발명의 설명*

*기술 분야*

[0001] 본 발명은 일반적으로 기술하면 셀룰러 네트워크들과 같은 무선 통신 네트워크들에 관한 것이다. 좀더 구체적으로 기술하면, 본 발명은 LTE/LTE-A(또는 좀더 일반적으로 기술하면 직교 주파수 분할 다중 액세스(Orthogonal Frequency Division Multiple Access; OFDMA) 시스템) 다운링크/업링크를 위한 MU-MIMO-인식 FDPS 알고리즘에서 사용되는 스마트 전송 모드를 선택하고 QoS-인식 스케줄링 결정들을 수행하도록 구성된 스케줄링 프로세스에 관한 것이다.

*배경 기술*

[0002] 무선 통신 네트워크들의 진화는 확산과 성능 면에서 상당한 성장을 체험하게 하였으며 최근에는 셀룰러 기술에서 큰 진보를 대표하는 표준 3GPP LTE 및 그의 진보 3GPP LTE-Advanced("Third Generation Partnership Project Long Term Evolution Advanced")에 이르게 하였는데, 이는 다음 10년 동안 고속 데이터 및 미디어 전

송을 위한 요구 사항을 충족하도록 설계되어 있기 때문이다.

- [0003] 좀더 구체적으로 기술하면, 3GPP LTE/3GPP LTE-Advanced는 네트워크 셀로 불리는 개별 육상 지역을 통해 전자(電磁)파 또는 전파를 방사하고 향상된 기지국(enhanced Node B; eNodeB)으로서 언급되는 것이 전형적인 고정 위치 송수신기, 및 상기 네트워크 셀에 내재하는 사용자 장비(user equipment; UE)들, 예컨대 셀룰러폰들과 같은 사용자 단말기들 간에 데이터 정보를 전달할 수 있는 매우 효율적인 표준이다.
- [0004] 공지된 바와 같이, 상기 3GPP LTE 및 그의 진보 LTE-Advanced는 직교 주파수 분할 다중 액세스(OFDMA) 또는 다중 입력 다중 출력(Multi Input Multi Output; MIMO) 신호 전송 기법과 같은 진보된 기법들을 채용한다.
- [0005] 논문 "Downlink MIMO with Frequency-Domain Packet Scheduling for 3 GPP LTE" by S.-B- Lee, S. Choudhury, A. Khoshnevis, S. Xu, and S. Lu, The 28th Conference on Computer Communications, April 2009에서는 3GPP Long Term Evolution(LTE) 다운링크에 대한 공간분할 다중화(spatial division multiplexing; SDM) MIMO 기법들을 합체하고 있는 주파수 도메인 패킷 스케줄링(frequency domain packet scheduling; FDPS)의 문제가 다루어지고 있다. 이러한 논문은 전송 시간 간격(transmission time interval; TTI)에 대하여 사용자당 단지 하나의 MIMO 모드(공간 다중화 또는 송신 다이버시티)를 선택하는 LTE MIMO의 제약을 부여하는 것을 허용한다. 먼저, 주파수 및 공간 도메인들로 확장된 비례적 공정(proportional fair) 기준을 극대화시키기 위해 각각의 TTI에서 사용자당 최적 MIMO 모드 선택(다중화 또는 다이버시티)이 다루어져 있다. 지금까지 입증되어 왔던 점은 LTE 요구하에서의 SU-MIMO(single-user MIMO) FDPS 문제가 NP-hard라는 점이며, 결과적으로는 입증가능한 성능 한계를 갖는 2가지 근사 알고리즘(approximation algorithm)(하나는 완전 채널 피드백을 갖는 것이고 나머지 하나는 부분 채널 피드백을 갖는 것임)이 지금까지 개발되어 왔다. 3GPP LTE 시스템 모델 시뮬레이션들을 기반으로 하면, 부분 채널 피드백을 갖는 근사 알고리즘이 채널 피드백 오버헤드를 50% 가량만큼 상당히 줄이면서 완전 채널 피드백을 갖는 근사 알고리즘과 필적할 만한 성능을 지니는 것으로 보이고 있다.
- [0006] 논문 "Evaluation for Various Resource Allocation Methods for Multiuser MIMO OFDMA Systems" by Jingon Joung and Yong H. Lee, IEEE 18th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, September 2007에는 사용자-쌍을 선택하며 다중 사용자-MIMO OFDMA 시스템들에 대하여 주파수 대역을 할당하는 간단한 알고리즘이 게시되어 있다. 비교를 위해, 한 , 이 2문제 (Non-deterministic Polynomial-time hard)는 최대 처리능력(max-throughput), 최선 맞춤(best-fit), 최초 맞춤(first-fit), 및 랜덤-맞춤(random-fit) 알고리즘과 같은 여러 자원 할당 알고리즘들이 시스템 처리능력, 계산 복잡도, 및 사용자들 간의 공정(fairness)에 대하여 검사된다. 컴퓨터 시뮬레이션 결과들은 최초 맞춤 알고리즘이 단지 처리능력만이 약간 줄면서 사용자들 간의 양호한 공정과 아울러 자원 할당에 대한 대폭적인 계산 감소를 이룰 수 있음을 보여준다.
- [0007] 논문 "A score-based Opportunistic Scheduler for Fading Radio Channels" by T. Bonald, Proc European Wireless, page 2, 2004에는 서로 다른 자원 공유 전략들이 게시되어 있으며 고전적인 비례적 공정 기회주의적 스케줄러의 몇 가지 단점이 나타나 있다.

*발명의 내용*

*과제의 해결 수단*

- [0008] 위의 내용을 고려해 볼 때, 본원 출원인은 현재 공지된 스케줄링 시스템들 중 어떠한 것도 다음과 같은 요건들을 충족시키지 못하고 있음을 알았다.
- [0009] - 공간 다중화, 송신 다이버시티 및 다중-사용자 MIMO(MU-MIMO)로서 공지된 전송 모드들을 이용하도록 구성된 LTE 표준에 따르는 것;
- [0010] - 각각의 전송 시간 간격 상에서, 상기 기지국이 여러 자원 블록을 동일한 사용자에게(또는 MU-MIMO 할당들의 경우에 동일한 쌍에게) 할당할 수 있지만, 단일 RB가 단지 하나의 사용자(또는 단지 하나의 쌍)에게 할당될 수 있는 방식으로 동작하는, 복수 개의 자원 블록들로 분할되는 시스템 대역폭을 가지고, 복수의 활성 사용자들 및 단일의 기지국을 지니는 셀룰러 네트워크를 이루는 것;
- [0011] - 전송 시간 간격에서 사용자가 상기 사용자에게 할당된 모든 자원 블록들에서 단지 하나의 전송 모드만을 사용하게 하는 것. - MU-MIMO 할당들의 경우에, 2명의 사용자가 하나의 전송 시간 간격 동안에 쌍을 이루게 되는 경우에, 상기 스케줄링을 통해 할당된 각각의 자원 블록 상에서 상기 사용자들을 쌍으로 이루는 것, 및

- [0012] - 비록 소정의 사용자에게 기지국이 할당하는 모든 자원 블록들에 대해 특정된 채널 품질 표시자들이 서로 다르더라도, 기지국이 소정의 사용자에게 할당하는 모든 자원 블록들 상에서 상기 기지국이 동일한 변조 및 부호화 스킴을 사용하게 하는 것. 본 발명의 한 실시예에 따른 솔루션의 하나 이상의 실시태양들은 독립 청구항들에 강조되어 있으며 동일 솔루션의 유리한 특징들이 종속 청구항들에 나타나 있다(여기에서 사용된 문구는 참고로 본원 명세서에 축어적(verbatim)으로 포함되어 있다).
- [0013] 좀더 구체적으로 기술하면, 본 발명의 하나 이상의 실시예들에 따른 솔루션은 해당 지역 내에 위치해 있는 해당 사용자 단말기들/로부터 데이터를 전송/수신하기 위한 해당 지역에 연관된 적어도 하나의 기지국을 포함하는 무선 통신 네트워크에서 수행되는 방법에 관련된 것이다. 상기 방법은 각각의 기지국에 대하여 사용자-레이트(user-rate) 매트릭스를 생성하는 단계를 포함한다. 상기 사용자-레이트 매트릭스의 각각의 요소는, 한 세트의 미리 결정된 전송 모드들 중에서 선택된 전송 모드를 이용하여 전송이 상기 기지국으로부터 상기 해당 지역 내에 위치해 있는 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 그룹으로 그리고 상기 해당 지역 내에 위치해 있는 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 그룹으로부터 상기 기지국으로 이루어지는 경우에 달성가능한 레이트 면에서 상기 해당 지역 내에 위치해 있는 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 그룹에 해당 스코어를 제공한다. 상기 방법은 상기 요소들이 내림차순의 스코어로 분류되어 있는 스케줄링 리스트를 생성하기 위해 상기 사용자-레이트 매트릭스의 요소들을 처리하는 단계, 및 상기 기지국으로/으로부터의 데이터의 전송/수신을 위해 스케줄링 리스트를 기반으로 하여 해당하는 선택된 전송 모드를 각각의 사용자 단말기에 연관시키는 단계를 부가적으로 포함한다. 상기 한 세트의 미리 결정된 전송 모드들은 적어도 공간 다중화 전송 모드, 송신 다이버시티 전송 모드 및 다중-사용자 다중-입력 다중-출력 전송 모드를 포함한다.
- [0014] 유리한 점으로는, 각각의 지역 대역폭이 대응하는 복수 개의 자원 블록들로 분할되고, 상기 사용자-레이트 매트릭스를 생성하는 단계는 각각의 서브-매트릭스가 특정 자원 블록에 대응하는 복수 개의 대응하는 서브-매트릭스들을 생성하는 단계를 포함한다. 서브-매트릭스의 각각의 요소는, 상기 대응하는 자원 블록을 사용하여 상기 한 세트의 미리 결정된 전송 모드들 중에서 선택된 전송 모드를 이용하여 전송이 상기 기지국으로부터 상기 해당 위치 내에 위치해 있는 사용자 단말기 또는 상기 사용자 단말기 그룹으로 그리고 상기 해당 위치 내에 위치해 있는 사용자 단말기 또는 상기 사용자 단말기 그룹으로부터 상기 기지국으로 이루어지는 경우에 상기 해당 지역 내에 위치해 있는 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 그룹에 해당 스코어를 제공한다. 상기 사용자 단말기 그룹은 한 쌍의 사용자 단말기들을 포함한다.
- [0015] 본 발명의 한 실시예에 의하면, 상기 복수 개의 서브-매트릭스들을 생성하는 단계는 각각의 서브-매트릭스의 요소들을 상기 해당 지역에 내재하는 사용자 단말기들의 수에 상응하는 제1 개수의 열(row)들 및 상기 제1 개수에 1을 더한 값에 상응하는 제2 개수의 행(column)들로 배열함으로써 각각의 서브-매트릭스를 생성하는 단계를 포함한다. 각각의 열의 서브-매트릭스는 대응하는 사용자 단말기에 상응하며 각각의 행의 서브-매트릭스는 마지막 행을 제외하고 대응하는 사용자 단말기에 상응한다. 각각의 서브-매트릭스는,
- [0016] - 상기 대응하는 자원 블록을 사용하여 상기 공간 다중화 전송 모드를 이용함으로써 상기 기지국으로부터 상기 사용자 단말기로 그리고 상기 사용자 단말기로부터 상기 기지국으로 전송이 이루어지는 경우에 주 대각선(main diagonal)에 속하는 각각의 서브-매트릭스의 각각의 요소가 상기 열의 요소에 상응하는 사용자 단말기의 스코어를 나타내도록 이루어져 있으며;
- [0017] - 상기 대응하는 자원 블록을 사용하여 다중-사용자 다중-입력 다중-출력 전송 모드를 이용함으로써 상기 기지국으로부터 상기 사용자 단말기 쌍으로 그리고 상기 사용자 단말기 쌍으로부터 상기 기지국으로 전송이 이루어지는 경우에 상기 주 대각선에나 또는 상기 마지막 행에 속하지 않는 각각의 서브-매트릭스의 각각의 요소가 상기 열의 요소에 상응하는 것과 상기 행의 요소에 상응하는 것을 포함하는 사용자 단말기 쌍의 스코어를 나타내도록 이루어져 있고, 그리고
- [0018] - 상기 대응하는 자원 블록을 사용하여 송신 다이버시티 전송 모드를 이용함으로써 상기 기지국으로부터 상기 사용자 단말기로 그리고 상기 사용자 단말기로부터 상기 기지국으로 전송이 이루어지는 경우에 상기 마지막 행에 속하는 각각의 서브-매트릭스의 각각의 요소가 상기 열의 요소에 상응하는 상기 사용자 단말기의 스코어를 나타내도록 이루어져 있다.
- [0019] 본 발명의 한 실시예에 의하면, 상기 스케줄링 리스트를 생성하도록 상기 사용자-레이트 매트릭스의 요소들을 처리하는 단계는 상기 사용자-레이트 매트릭스를 기반으로 하여 부가적인 매트릭스를 생성하는 단계를 포함한다. 상기 부가적인 매트릭스는 제1 개수와 동일한 열들의 개수 및 제2 개수와 동일한 행들의 개수를 지닌다. 상기 부가적인 매트릭스의 각각의 열은 각각의 서브-매트릭스의 해당 열과 연관되어 있으며, 상기 부가적인



매트릭스의 각각의 행은 각각의 서브-매트릭스의 해당 행과 연관되어 있다. 상기 부가적인 매트릭스의 열 및 행에 속하는 부가적인 매트릭스의 각각의 요소는 상기 부가적인 매트릭스의 열 및 행에 연관된 서브-매트릭스들의 해당 열 및 해당 행에 속하는 서브-매트릭스들의 요소들의 값들에 의존한다. 상기 스케줄링 리스트를 생성하도록 상기 사용자-레이트 매트릭스의 요소들을 처리하는 단계는,

- [0020] 상기 해당 지역 내에 위치해 있는 사용자 단말기들 중 각각의 사용자 단말기가 상기 스케줄링 리스트에 리스트되어 있는 열 또는 행에 상응하는 열 또는 행에 위치해 있는 각각의 서브-매트릭스의 요소를 지닐 때까지,
- [0021] - 상기 부가적인 매트릭스의 가장 큰 요소를 찾아내는 단계;
- [0022] - 상기 부가적인 매트릭스의 가장 큰 요소의 열 및 행에 연관된 열들 및 행들에 위치해 있는 서브-매트릭스들의 요소들을 상기 스케줄링 리스트에 삽입하는 단계로서, 상기 삽입은 스코어 내림차순에 따라 수행되는 단계, 및
- [0023] - 상기 가장 큰 요소의 열 및 행에 속하는 부가적인 매트릭스의 요소들을 제로(zero)에 맞추며, 제1 열 매트릭스 인덱스가 제1 행 매트릭스 인덱스와는 다르고 제1 행 매트릭스 인덱스가 상기 제2 개수와 다를 때 상기 가장 큰 요소가 제1 열 매트릭스 인덱스에 의해 식별되는 부가적인 매트릭스의 열에 그리고 제1 행 매트릭스 인덱스에 의해 식별되는 부가적인 매트릭스의 행에 위치해 있는 경우에, 상기 제1 행 매트릭스 인덱스와 동일한 제2 열 매트릭스 인덱스에 의해 식별되는 열에 그리고 상기 제1 열 매트릭스 인덱스와 동일한 제2 행 매트릭스 인덱스에 의해 식별되는 행에 속하는 부가적인 매트릭스의 요소들을 또한 제로(zero)에 맞추는 단계;
- [0024] 를 반복하는 단계를 부가적으로 포함한다.
- [0025] 본 발명의 한 실시예에 의하면, 상기 사용자-레이트 매트릭스를 기반으로 하여 상기 부가적인 매트릭스를 생성하는 단계는 상기 부가적인 매트릭스의 열 및 행에 속하는 부가적인 매트릭스의 각각의 요소를 한 그룹의 값들의 합산에 의존하는 값으로 설정하는 단계를 포함한다. 상기 그룹의 값들 각각은 상기 부가적인 매트릭스의 열 및 행에 연관된 개별 서브-매트릭스의 해당 열 및 해당 행에 속하는 개별 서브-매트릭스의 요소, 및 2의 누승(power of 2) 간의 나눗셈의 몫에 상응한다.
- [0026] 본 발명의 부가적인 실시예에 의하면, 상기 사용자-레이트 매트릭스를 기반으로 하여 상기 부가적인 매트릭스를 생성하는 단계는 상기 부가적인 매트릭스의 열 및 행에 속하는 부가적인 매트릭스의 각각의 요소를 상기 부가적인 매트릭스의 열 및 행에 연관된 서브-매트릭스들의 해당 열들 및 해당 행들에 속하는 서브-매트릭스들의 한 세트의 가장 큰 요소들에 의존하는 값으로 설정하는 단계를 포함한다.
- [0027] 본 발명의 또 다른 한 실시예에 의하면, 상기 스케줄링 리스트를 생성하도록 상기 사용자-레이트 매트릭스의 요소들을 처리하는 단계는,
- [0028] 상기 해당 지역 내에 위치해 있는 사용자 단말기들 중 각각의 사용자 단말기가 상기 스케줄링 리스트에 리스트되어 있는 열 또는 행에 상응하는 열 또는 행에 위치해 있는 각각의 서브-매트릭스의 요소를 지닐 때까지,
- [0029] - 상기 사용자-레이트 매트릭스의 가장 큰 요소를 획득하는 단계로서, 상기 가장 큰 요소는 복수 개의 서브-매트릭스들 중 특정한 서브-매트릭스의 특정 열 및 특정 행에 속하는, 단계;
- [0030] - 상기 특정 열 및 상기 특정 행에 상응하는 사용자 단말기 또는 사용자 단말기들에 상응하는 열 및 행에 위치해 있는 복수 개의 서브-매트릭스들의 요소들을 상기 스케줄링 리스트에 삽입하는 단계로서, 상기 삽입은 내림차순에 따라 수행되는 단계, 및
- [0031] - 각각의 서브-매트릭스에서, 상기 특정 열 및 상기 특정 행에 상응하는 사용자 단말기 또는 사용자 단말기들에 상응하는 열 및 행에 속하는 요소들을 제로(zero)에 맞추고, 제1 열 매트릭스 인덱스가 제1 행 매트릭스 인덱스와는 다르고 제1 행 매트릭스 인덱스가 상기 2 개수와 다를 때 상기 특정 열이 제1 열 매트릭스 인덱스에 의해 식별되고 상기 특정 행이 제1 행 매트릭스 인덱스에 의해 식별되는 경우에, 상기 제1 행 매트릭스 인덱스와 동일한 제2 열 매트릭스 인덱스에 의해 식별되는 특정 서브-매트릭스의 열에 상응하는 사용자 단말기에 상응하는 열에 그리고 상기 제1 열 매트릭스 인덱스와 동일한 제2 행 매트릭스 인덱스에 의해 식별되는 특정 서브-매트릭스의 행에 상응하는 사용자 단말기에 상응하는 행에 속하는 요소들을 또한 제로(zero)에 맞추는 단계;
- [0032] 를 반복하는 단계를 포함한다.
- [0033] 바람직하게는, 상기 스케줄링 리스트를 기반으로 하여 각각의 단말기를 해당하는 선택된 전송 모드를 연관시키는 단계는 동일한 선택된 전송 모드를 상기 사용자 단말기에 할당되는 모든 자원 블록들 상에 연관시키는 단계를 포함한다.

- [0034] 바람직하게는, 상기 방법은 각각의 서브-매트릭스에 대하여, 그러한 서브-매트릭스에 상응하는 자원 블록 상의 셀간 간섭(inter-cell interference)을 나타내는 가중치를 가지고 각각의 요소의 값을 스케일링하는 단계를 부가적으로 포함한다.
- [0035] 본 발명의 한 실시예에 의하면, 상기 방법은,
- [0036] - 상기 스케줄링 리스트를 기반으로 하여, 각각의 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 쌍에 대하여 각각의 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 쌍에 할당될 해당 자원 블록 그룹을 제공하는 할당 리스트를 생성하는 단계, 및
- [0037] 상기 할당 리스트를 기반으로 하여, 서비스 품질(quality of service) 요건을 고려하는 상기 기지국으로/으로부터의 데이터의 전송/수신에 대하여, 각각의 자원을 특정 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 쌍에 할당하는 단계를 부가적으로 포함한다.
- [0038]
- [0039] 본 발명의 부가적인 실시예에 의하면, 상기 할당 리스트를 생성하는 단계는,
- [0040] - 상기 그룹의 각각의 서비스 클래스에 대하여 긴급 데이터(urgent data)를 지니는 사용자 단말기들의 해당 긴급 대기열을 정의하는, 서비스 클래스 그룹을 지니는 단계,
- [0041] - 긴급 대기열을 이루고 있는 각각의 사용자 단말기에 대하여,
- [0042]     - 그러한 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 쌍의 긴급 데이터가 마무리되는 조건;
- [0043]     - 미리 결정된 최대 허용가능한 데이터량에 이르는 조건; 및
- [0044]     - 더 이상의 비어 있는 자원 블록들이 존재하지 않는 조건;
- [0045] 중의 적어도 하나의 조건이 충족될 때까지 새로운 비어 있는 자원 블록들을 가지고 긴급 대기열을 이루고 있는 각각의 사용자 단말기에 할당될 해당 자원 블록 그룹을 업데이트하는 단계를 포함한다.
- [0046] 본 발명의 한 실시예에 의하면, 상기 할당 리스트를 생성하는 단계는 각각의 사용자 단말기에 대하여, 새로운 비어 있는 자원 블록을 가지고 각각의 사용자 단말기에 할당될 해당 자원 블록 그룹을 업데이트하는 단계를 부가적으로 포함하며, 그러한 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 쌍은 자신의 채널 품질에서 국부 피크(local peak)를 지닌다.
- [0047] 본 발명의 다른 한 실시예에 의하면, 상기 할당 리스트를 생성하는 단계는 각각의 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 쌍에 대하여, MaxCi-같은 동작에 따른 새로운 비어 있는 자원 블록을 가지고 각각의 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 쌍에 할당될 해당 자원 블록 그룹을 업데이트하는 단계를 부가적으로 포함한다.
- [0048] 본 발명의 다른 부가적인 실시예에 의하면, 상기 기지국으로/으로부터의 데이터의 전송/수신을 위해 각각의 자원 블록을 특정 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 쌍에 할당하는 단계는 적어도 하나의 자원 블록이 이미 할당된 사용자 단말기 또는 사용자 단말기 쌍에 새로운 자원 블록을 할당하는 것이 셀 처리능력에 유리한 지를 검증함으로써 동일한 코드워드에 속하는 모든 자원 블록들이 동일한 변조 및 부호화 스킴을 사용하는 방식으로 하나의 자원 블록 상에 사용될 변조 및 부호화 스킴을 적응적으로 선택하는 단계를 부가적으로 포함한다.
- [0049] 본 발명의 한 실시예에 따른 솔루션의 다른 한 실시태양은 해당 지역 내에 위치해 있는 해당 사용자 단말기들로/로부터의 데이터의 전송/수신을 위해 해당 지역에 연관된 적어도 하나의 기지국을 포함하는 무선 통신 네트워크에 관련된 것이다.
- [0050] 본 발명의 이들 및 다른 특징들 및 이점들은 이하 몇몇 대표적인 본 발명의 실시예들의 설명에 의해 명확해질 것이며, 본 발명의 이해를 좀더 용이하게 하기 위해서는, 첨부도면들을 참조하여 이하의 설명이 정독되어야 한다.

**도면의 간단한 설명**

- [0051] 도 1은 본 발명의 하나 이상의 실시예들에 따른 솔루션이 적용될 수 있게 하는 무선 통신 네트워크를 개략적으로 보여주는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 한 실시예에 따른 도 1의 무선 통신 네트워크의 eNodeB에 의해 수행되도록 구성된 스케줄링 프로세스의 주요 구성요소들을 예시하는 개략도이다.
- 도 3은 본 발명의 한 실시예에 따른 도 2의 스케줄링 프로세스의 전송 모드 선택(Transmission Mode Selection;

TMS) 절차의 주요 구성요소들을 예시하는 개략도이다.

도 4는 본 발명의 한 실시예에 따른 도 2의 스케줄링 프로세스의 QoS-인식 스케줄링(QS) 절차의 주요 구성요소들을 예시하는 개략도이다.

도 5는 본 발명의 한 실시예에 따른 변조 및 부호화 스킴 적응(Modulation-and-Coding-Scheme-Adaptive; MCS-adaptive) 할당 기능의 플로차트이다.

*발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

- [0052] 첨부도면들을 참조하면, 본 발명의 하나 이상의 실시예들에 따른 솔루션이 적용될 수 있는 무선 통신 네트워크(100)는 도 1에 개략적으로 도시된 바와 같이 eNodeB(enhanced Node B)로서 공지되어 있으며 참조번호 105로 나타나 있는 하나 이상의 기지국들을 포함한다. 각각의 eNodeB(105)는 네트워크 셀(110)에 내재하는 사용자 단말기들(예컨대, 이동 전화기들)이 필요한 서비스를 수신할 수 있게 하기 위해 네트워크 셀로서 언급되는 해당하는 지리적인 지역(110)을 통한 무선 통신가능범위를 제공한다. 도 1에 도시된 대표적인 시나리오에서는, 상기 eNodeB(105)가 (q가 1 내지 N인 경우에) 복수(N) 개의 사용자 단말기들(UE(q))에 대한 무선 통신가능범위를 제공한다.
- [0053] 대표적이지만 국한되지 않는 이하에 설명되는 실시예에서는, 상기 무선 통신 네트워크(100)가 제3세대 파트너쉽 프로젝트(Third Generation Partnership Project; 3GPP) 범용 이동 통신 시스템(Universal Mobile Telecommunications System; UMTS) 프로토콜의 LTE(Long Term Evolution)에 순응하는데, 여기에서는 상기 eNodeB(105)가 다운링크 전송들, 다시 말하면 상기 eNodeB(105)로부터 상기 eNodeB(105)에 속하는 네트워크 셀(110)에 내재하는 사용자 단말기(UE(q))로의 다운링크 전송들을 위한, 예컨대 직교 주파수 분할 다중 액세스(OFDMA) 스킴을 사용하여 전송을 수행한다.
- [0054] 완벽하게 하기 위해, 당업자에게 공지되어 있는 바와 같이, 상기 eNodeB(105)와 같은 eNodeB들은, 추가적인 대응 eNodeB들에 통신가능하게 연결된 하나 이상의 무선 네트워크 제어기(도시되지 않음)를 포함하는 것이 전형적인 무선 액세스 네트워크(도시되지 않음)의 일부인 것이 일반적이며, 또한 상기 무선 액세스 네트워크는 인터넷 및 공중 교환 전화 네트워크들(도시되지 않음)과 같은 다른 네트워크들에 연결될 수 있는 하나 이상의 코어 네트워크들(도시되지 않음)에 통신가능하게 연결되는 것이 일반적이다.
- [0055] 본 발명의 한 실시예에 의하면, 상기 eNodeB(105)는 상기 네트워크 셀(110)에 내재하는 사용자 단말기들(UE(q))에 데이터를 전송하기 위해 (상기 eNodeB(105) 자체에 의해) 사용될 스마트 전송 노드를 선택하기에 적합한 스케줄링 프로세스를 구현하도록 구성되어 있다. 그 외에도, 본 발명의 한 실시예에 따른 전송 성능을 극대화시키기 위해, 상기 스케줄링 프로세스는 서비스 품질(Quality of Service; QoS) 요건을 고려하여 최선의 변조 및 부호화 스킴(Modulation and Coding Scheme; MCS)을 적응적으로 선택함으로써 시스템 대역폭에서 사용자 단말기들(UE(q))을 효율적으로 할당하도록 부가적으로 구성되어 있다.
- [0056] 도 2는 본 발명의 한 실시예에 따른 eNodeB(105)에 의해 수행되도록 구성된 스케줄링 프로세스의 주요 구성요소들을 기능적인 블록들로 예시하는 개략도이다.
- [0057] 여기에서는 3가지의 예상가능한 전송 모드, 다시 말하면 공간 다중화(SpMux) 전송 모드, 송신 다이버시티(TxD) 전송 모드, 및 다중 사용자 MIMO(MU-MIMO) 전송 모드의 그룹을 지니는 것으로 고려되어 있으며, 상기 시스템 대역폭이 (b가 1 내지 B인 경우에) 복수(B) 개의 자원 블록들(RB(b))로 분할되는 것으로 고려되어 있다. 더욱이, 이하에서 정의되는 달성가능한 레이트를 반영하는 해당 스코어를, 상기 스코어가 상기 시스템 대역폭의 각각의 자원 블록(RB(b)) 상에 상기 그룹의 여러 전송 모드에 따라 상기 eNodeB에 의해 스케줄링되는 경우에, 각각의 사용자 단말기(UE(q))(그리고 각각의 예상가능한 사용자 단말기(UE(q)) 쌍)에 제공하는 사용자-레이트 3차원 매트릭스(M)를 지니는 것으로 고려되어 있다. 더군다나, 각각의 자원 블록(RB(b))에 대하여 상기 자원 블록(RB(b)) 자체 상의 셀간 간섭량을 나타내는 해당 가중치를 제공하는 가중치 어레이(W)를 지니는 것으로 고려되어 있다.
- [0058] 본 발명의 한 실시예에 의하면, 상기 스케줄링 프로세스는 각각의 전송 시간 간격(Transmission Time Interval; TTI)(이 경우에, 각각의 TTI는 1 ms를 지수함) 동안, 수신된 사용자 레이트 매트릭스(M) 및 상기 가중치 어레이(W)를 기반으로 하여 상기 그룹의 전송 그룹들 중 최선의 전송 모드를 각각의 사용자 단말기(UE(q))에 대하여 선택하는 전송 모드 선택(Transmission Mode Selection; TMS) 절차로서 언급되는 제1 절차(210)를 포함한다. 이하의 본원 설명에서 상세하게 기재하겠지만, 상기 TMS 절차(210)는 각각의 사용자 단말기(UE(q))에 대하여,

또는 MU-MIMO 전송 모드의 경우에 각각의 사용자 단말기(UE(q)) 쌍에 대하여 상기 선택된 전송 모드 및 각각의 자원 블록(RB(b))에 대한 해당 스코어를 지정하는 스케줄 리스트(S)를 출력한다.

- [0059] 본 발명의 한 실시예에 의하면, 상기 스케줄링 프로세스는 각각의 TTI 동안 QoS 요건을 고려하여 특정 사용자 단말기(UE(q))(또는 MU-MIMO 전송 모드의 경우에, 사용자 단말기(UE(q)) 쌍)에 각각의 자원 블록(RB(b))을 할당하는 QoS 인식 스케줄링(QS) 절차로서 언급되는 제2 절차(220)를 추가로 포함한다. 이하의 본원 설명에서 상세하게 기재하겠지만, 상기 TMS 절차(210)에 의해 생성되는 스케줄 리스트(S)를 기반으로 하여, 상기 QS 절차(220)는 각각의 사용자 단말기(UE(q))(또는 MU-MIMO 전송 모드의 경우에 사용자 단말기 쌍)에 대하여 전송된 바이트들의 수량뿐만 아니라 각각의 사용자 단말기(UE(q))(또는 사용자 단말기 쌍)에 할당된 자원 블록(RB(b))을 지정하는 할당 리스트(A)를 출력한다. 상기 할당 리스트(A)에 의해 나타나게 되는 자원 블록(RB(b))의 할당은 QoS 폴리시(policy)들에 대한 지원을 제공하는 데, 그 이유는 각각의 트래픽이 자신의 특정 요건을 기반으로 하여 고려되기 때문이다.
- [0060] 도 3은 본 발명의 한 실시예에 따른 TMS 절차의 주요 구성요소들을 기능적인 블록들로 예시하는 개략도이다. 상기 TMS 절차(210)는 2가지 부속 절차, 즉 스케일된 레이트 매트릭스(scaled rate matrix; SM)를 생성하기 위해 상기 가중치 어레이(W)를 기반으로 하여 레이트 매트릭스(M)의 요소들을 가중화하도록 구성된 스케일링 부속 절차(310), 및 상기 스케일된 레이트 매트릭스(SM)로부터 상기 스케줄 리스트(S)를 생성하도록 구성된 선택 부속 절차(320)를 포함한다.
- [0061] 3차원 레이트 매트릭스(M) 및 그의 스케일된 버전(SM)은 차원(B\*N\*(N+1))을 지니며, 이 경우에 B는 시스템 대역폭의 자원 블록들(RB(b))의 개수이며 N은 상기 스케줄링 프로세스를 수행하는 eNodeB에 의해 적용되는 네트워크 셀에 내재하는 사용자 단말기(UE(q))들의 개수이다. 상기 레이트 매트릭스(M)는 N개의 열들 및 N+1개의 행들을 각각 지니는 B개의 2차원 매트릭스로 분할될 수 있다. 간결하게 하기 위해, 지금부터는 N+1이 G로서 언급하게 될 것이다.
- [0062] 상기 레이트 매트릭스(M)의 일반 요소(generic element;  $m_{bij}$ )(b는 1 내지 B이고, i는 1 내지 N이며, j는 1 내지 G임)는, 다음과 같은 선택 규칙에 따라 자원 블록(RB(b)) 상에 특정 전송 모드를 이용할 경우에 인덱스 쌍  $\{i, j\}$ 에 의해 식별되는 해당 세트(SUE)의 사용자 단말기(UE(q))들의 스코어를 달성가능한 레이트로 나타낸다.
- [0063] -  $i = j \rightarrow$  SUE = SpMux 전송 모드에서 사용자 단말기(UE(q = i));
- [0064] -  $i \neq j, j \neq G \rightarrow$  SUE = MU-MIMO 전송 모드에서 쌍을 이루게 되는 사용자 단말기(UE(q = i)) 및 사용자 단말기(UE(q = j)); 그리고
- [0065] -  $j = G \rightarrow$  SUE = TxD 전송 모드에서 사용자 단말기(UE(q = i)).
- [0066] 상기 가중치 어레이(W)는, 0.0 및 1.0 사이에 포함된 값들을 각각 지니며 상기 자원 블록(RB(b))에서 생기는 셀 간 간섭의 표시를 각각 나타내는 B 가중치( $w_b$ ; b = 1 내지 B임) 어레이이다. 상기 간섭이 너무 커서 자원 블록(RB(b))이 사용될 수 없는 경우에, 해당 가중치( $w_b$ )는 0.0인 값을 지닌다. 상기 간섭이 적을수록 상기 가중치( $w_b$ )의 값이 커지게 된다. 상기 간섭이 널(null)인 경우에, 해당 가중치( $w_b$ )는 1.0인 값을 지닌다. 상기 가중치 어레이(W)가 획득되는 방법들은 본원 명세서의 범위에 속하지 않는다. 단지 대표적인 목적들을 위해서만 언급된 점은 상기 가중치 어레이(W)가 네트워크 또는 클러스터에 통합된 eNodeB들 간의 적합한 통신을 통해 획득될 수 있다는 점이다.
- [0067] 본 발명의 한 실시예에 의하면, 스케일링 부속 절차(310)는 스케줄 리스트(S)를 생성하기 위해 선택 부속 절차(320)에 제공될 레이트 매트릭스(M)의 스케일된 버전(스케일된 매트릭스(SM))을 획득하도록 상기 가중치 어레이(W)를 가지고 상기 레이트 매트릭스(M)의 요소들에 가중치를 부여하는 동작을 제공한다. 상기 스케일된 매트릭스(SM)의 일반 요소( $sm_{bij}$ )는  $m_{bij} * w_b$ 와 동일하다. 이러한 방식으로, 상기 레이트 매트릭스(M)에 의해 제공되는 스코어는 상기 자원 블록들(RB(b))의 셀 간 간섭을 고려하여 조정되기 때문에, 상기 선택 부속 절차(320)는 동일한 가중치를 갖는 그 밖의 모든 가중치들보다 높은 가중치( $w_b$ )에 상응하는 요소들에 특권을 주게 된다.
- [0068] 본 발명의 한 실시예에 의하면, 상기 스케일된 매트릭스(SM)에 의해 제공되는 스코어들을 기반으로 하여, 상기 선택 부속 절차(320)는 다음과 같은 제약을 고려하여 각각의 사용자 단말기(UE(q))에 대한 최선의 전송 모드를 선택하는 동작을 제공한다.
- [0069] - 사용자 단말기(UE(q))는 그러한 사용자 단말기(UE(q))가 할당되게 하는 모든 자원 블록들(RB(b)) 상에 동일한

전송 모드를 사용하여야 하며, 그리고

- [0070] - 2개의 사용자 단말기(UE(q))가 MU-MIMO 전송 모드에 따라 쌍을 이루게 되는 경우에, 상기 쌍의 이름은 그러한 사용자 단말기들(UE(q))이 할당되게 하는 각각의 자원 블록(RB(b)) 상에 유지되어야 한다.
- [0071] 상기 선택 부속 절차(320)에 의해 생성된 스케줄 리스트(S)는 복수 개의 튜플(tuple)들  $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$ 을 포함하는데, 이 경우에
- [0072] - b는 자원 블록(RB(b))의 인덱스이며;
- [0073] - i 및 j는 위에서 언급한 선택 규칙에 따라 선택된 특정 전송 모드를 가지고 전송된 한 세트(SUE)의 사용자 단말기(들)(UE(q))를 식별하고, 그리고
- [0074] -  $sm_{bij}$ 는 (해당하는 자원 블록(PB(b))에서의 셀간 간섭에 따라 스케일된) 그러한 세트(SUE)의 사용자 단말기들(UE(q))의 스코어이다.
- [0075] 상기 튜플들  $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$ 는 어떤 전송 모드들이 여러 사용자 단말기(UE(q))(다시 말하면, 가장 큰 스코어들에 상응하는 것들)를 각각의 자원 블록(PB(b)) 상에 스케줄링하는데 훨씬 더 적합한지를 특징인이 평가할 수 있게 하기 위하여 내림차순으로 상기 스코어( $sm_{bij}$ )에 따라 전체적으로 분류된다.
- [0076] 상기 스케일된 매트릭스(SM)로부터 상기 스케줄 리스트(S)를 생성하기 위한 서로 다른 방법들은 지금부터 본 발명의 여러 실시예에 따라 설명될 것이다.
- [0077] 본원 명세서에서 "합산 방법(sum method)"으로서 언급되는 방법에 의하면, 차원  $N \times G$ 를 지니는 2차원 매트릭스 X는 상기 스케일된 매트릭스(SM)에서 출발하여 생성된다. 상기 매트릭스(X)의 각각의 요소( $x_{ij}$ )는 상기 스케일된 매트릭스(SM)의 B 요소들( $sm_{bij}$ )( $b = 1$  내지 B임)의 합산에 의해 제공된다. 그리고나서, 상기 매트릭스 X를 통해 반복적 탐색이 수행된다.
- [0078] 특히, 상기 탐색의 제1 단계 동안, 가장 큰 값을 지니는 상기 매트릭스(X)의 요소( $x_{ij}$ )가 식별된다. 그리고나서, 상기 스케줄 리스트(S)의 제1 그룹의 B 튜플들은 각각의 자원 블록(RB(b)), 다시 말하면  $b = 1$  내지 B일 때 튜플들  $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$ 에 대하여 그러한 요소( $x_{ij}$ )의 인덱스 쌍  $\{i, j\}$ 을 사용함으로써 생성된다. 이 시점에서, 이전에 계산된 가장 큰 요소( $x_{ij}$ )의 인덱스 쌍  $\{i, j\}$ 에 의해 식별된 한 세트(SUE)의 사용자 단말기들(UE(q))에 상응하는 매트릭스(X)의 요소들은 다음과 같은 단계로 수행되는 탐색으로부터, 이전에 계산된 가장 큰 요소( $x_{ij}$ )의 인덱스 쌍  $\{i, j\}$ 에 의해 식별된 한 세트(SUE)의 사용자 단말기들(UE(q))에 상응하는 매트릭스(X)의 요소들을 배제하는 방식으로 제로(zero)로 설정된다. 특히,
- [0079]
  - 사용자 단말기(UE(i))가 SpMux 전송 모드를 사용함으로써 전송되도록 선택되었음을 의미하는, 이전에 계산된 가장 큰 요소( $x_{ij}$ )의 인덱스 쌍  $\{i, j\}$ 이  $i = j$ 인 관계를 지닐 경우에, 또는 사용자 단말기(UE(i))가 TxD 전송 모드를 사용함으로써 전송되도록 선택되었음을 의미하는,  $j = G$ 인 경우에, 상기 매트릭스(X)의 i-번째 열 및 i-번째 행은 제로(zero)로 설정된다.
- [0080]
  - 사용자 단말기들(UE(i), UE(j))에 의해 형성된 쌍이 MU-MIMO 전송 모드를 사용함으로써 전송되도록 선택되었음을 의미하는, 이전에 계산된 가장 큰 요소( $x_{ij}$ )가  $i \neq j$ 이고  $j \neq G$ 인 관계를 지닐 경우에, 상기 매트릭스 X의 i-번째 열, i-번째 행, j-번째 열 및 j-번째 행은 제로로 설정된다.
- [0081] 다시 말해서 전송 모드가 선택된 사용자 단말기들의 열(들) 및 행(들)에 관련된 매트릭스(X)의 모든 요소들이 제로(zero)로 설정된다.
- [0082] 그리고나서, 위에서 언급된 동작들은 모든 매트릭스 요소들이 널(null)될 때까지, 결과적으로 이전의 모든 단계들에서 계산된 가장 큰 요소들( $x_{ij}$ )에 따라 업데이트되는 매트릭스(X)를 가지고, 각각의 부속 단계에서 반복된다.
- [0083] "시프트 및 합산 방법(shift and sum method)"으로서 언급되는 부가적인 방법은 상기 매트릭스(X)를 생성하는데 그 목적을 둔 동작들을 제외하고 상기 합산 방법의 동일한 동작들을 수행하는 동작을 제공한다. 좀더 구체적

으로 기술하면,  $b$ (1 내지  $B$ )의 변화에 따라 스케일된 매트릭스(SM)의 요소들( $sm_{bij}$ )을 직접 합산하는 대신에, 이러한 방법은  $K$ 가 구성가능하고 음(-)이 아닌 값인 경우에 이러한 동일한 요소들의 이진 표현을  $K$  위치들만큼 우측으로 시프트한 후에 상기 요소들을 합산하는 동작을 제공한다. 이러한 동작은 각각의 요소의  $2^K$ 에 의한 정수 나눗셈의 몫을 고려하는 것에 상응한다.

[0084] 본원 명세서에서 "합산  $k$ -극대화 방법(sum  $k$ -max method)"으로서 언급되는 합산 방법의 다른 한 변형에는  $k$ 가 구성가능한 양(+)의 값인 경우에  $b$ 를 1 내지  $B$ 에 걸쳐 있게 함으로써 획득되는 모든 요소들( $sm_{bij}$ )을 사용하는 대신에, 단지 스케일된 SM의 가장 큰  $k$ 개의 요소들( $sm_{bij}$ )(다시 말하면, 동일한 첨자 쌍( $i, j$ )에 대하여  $b$ 가 1 내지  $B$ 에 걸쳐 있을 수 있게 할 때 획득되는 가장 큰 요소들)만을 합산함으로써 상기 매트릭스( $X$ )의 각각의 요소( $x_{ij}$ )를 생성하는 동작을 제공한다.

[0085] 본원 명세서에서 "극대화 국부 방법(max local method)"으로서 언급되는 다른 부가적인 방법은 각각의 요소( $l_i$ ,  $j$ )가 상기 스케일된 매트릭스(SM)의 요소들( $sm_{bij}$ )의 가장 큰 요소(다시 말하면, 동일한 첨자 쌍( $i, j$ )에 대하여,  $b$ 가 1 내지  $B$ 에 걸쳐 있을 수 있게 할 때 획득되는 가장 큰 요소들)인 치수  $N \times G$ 를 지니는 매트릭스( $L$ )를 생성하는 동작을 제공한다. 상기 동작들의 나머지 동작들은 상기 합산 방법에 의해 수행되는 동작들과 동일하다.

[0086] 본원 명세서에서 "극대화 방법(max method)"으로서 언급되는 방법에 의하면, 반복 탐색이 상기 스케일된 매트릭스(SM)의 요소들의 가장 큰 요소( $sm_{bij}$ )를 획득하기 위해 상기 스케일된 매트릭스(SM) 상에서 직접 수행된다. 각각의 단계 동안, 가장 큰 값을 지니는 스케일된 매트릭스(SM)의 요소( $sm_{bij}$ )에 상응하는 인덱스 쌍( $i, j$ )은 각각의 자원 블록(RB( $b$ )), 다시 말하면  $b = 1$  내지  $B$ 일 때 튜플들  $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$ 에 대하여 스케줄 리스트(S)의 해당 그룹의  $B$ 개의 튜플들을 생성하기 위해 사용된다. 상기 합산 방법에서와 같이, 각각의 그룹의 튜플들을 생성한 후에, 이전에 계산된 가장 큰 요소( $sm_{bij}$ )의 인덱스 쌍  $\{i, j\}$ 에 의해 식별되는 한 세트(SUE)의 사용자 단말기들(UE( $q$ ))에 상응하는 스케일된 매트릭스(SM)의 요소들은 다음과 같은 단계들에서 수행되는 탐색으로부터, 이전에 계산된 가장 큰 요소( $sm_{bij}$ )의 인덱스 쌍  $\{i, j\}$ 에 의해 식별되는 한 세트(SUE)의 사용자 단말기들(UE( $q$ ))에 상응하는 스케일된 매트릭스(SM)의 요소들을 배제하도록 제로(zero)로 설정된다. 그리고 나서, 위에서 언급한 동작들은 모든 매트릭스 요소들이 널(null)이 될 때까지 각각의 후속 단계에서 반복된다.

[0087] 본원 명세서에서 "공간-다중화 극대화 방법(spatial-multiplexing max method)"으로서 언급되는 부가적인 방법은 상기 스케일된 매트릭스(SM)를 형성하는 대응하는  $B$ 개의 2차원 매트릭스( $N \times G$ )의 대각선들 상에 위치해 있는 스케일된 매트릭스(SM)의 요소들( $sm_{bij}$ ), 다시 말하면  $i = j$ 인 관계를 지니는 요소들만을 고려함으로써 가장 큰 요소의 반복 탐색 동작을 제공한다.  $b$ -번째의 2차원 매트릭스(SM( $b$ ))에서 그러한 가장 큰 요소( $sm_{bij}$ )를 식별한 경우에,  $i$ -번째 열 및  $j$ -번째 행에 위치해 있는 2차원 매트릭스의 요소들( $sm_{bij}$ ) 중에서 부가적으로 가장 큰 요소( $sm_{bhk}$ )가 탐색된다. 각각의 단계 동안, 상기 요소( $sm_{bhk}$ )에 상응하는 인덱스 쌍  $\{h, k\}$ 은 각각의 자원 블록(RB( $b$ )), 다시 말하면  $b = 1$  내지  $B$ 일 때 튜플들  $T\{b, h, k, sm_{bhk}\}$ 에 대하여 스케줄 리스트(S)의 해당 그룹의  $B$ 개의 튜플들을 생성하기 위해 사용된다. 이러한 경우에 또한, 이전에 계산된 가장 큰 요소( $sm_{bhk}$ )의 인덱스 쌍  $\{h, k\}$ 에 의해 식별되는 한 세트(SUE)의 사용자 단말기들(UE( $q$ ))에 상응하는 스케일된 매트릭스(SM)의 요소들은 다음 단계들에서 수행되는 탐색으로부터, 이전에 계산된 가장 큰 요소( $sm_{bhk}$ )의 인덱스 쌍  $\{h, k\}$ 에 의해 식별되는 한 세트(SUE)의 사용자 단말기들(UE( $q$ ))에 상응하는 스케일된 매트릭스(SM)의 요소들을 배제하도록 제로(zero)로 설정된다. 그리고 나서, 위에서 언급한 동작들은 모든 예상가능한 사용자 단말기들(UE( $q$ ))이 고려될 때까지 각각의 후속 단계에서 반복된다.

[0088] 요약하면, 본 발명의 한 실시예에 따른 스케줄링 프로세스의 TMS 절차(210)는 튜플들  $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$ 의 순서화된 시퀀스를 포함하는 스케줄 리스트(S)를 출력한다. 각각의 튜플은 특정한 전송 모드를 사용하여 특정 자원 블록(RB( $b$ )) 상에서 전송되는 특정 세트(SUE)의 사용자 단말기들(UE( $q$ ))에 대한 스코어( $sm_{bij}$ )를 제공한다.

[0089] 상기 스케줄 리스트(S)의 일반 튜플  $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$ 가  $i = j$ 인 관계를 지니는 경우에, 이는 해당 스코어( $sm_{bij}$ )가 상기 자원 블록(RB( $b$ )) 상에서 SpMux 전송 모드를 가지고 전송되는 단일 사용자 단말기(UE( $q = i$ ))로 언급됨을 의미한다.

- [0090] 상기 스케줄 리스트(S)의 일반 튜플  $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$ 가  $i \neq j$ 이고  $j \neq G$ 인 관계를 지니는 경우에, 이는 해당 스코어( $sm_{bij}$ )가 상기 자원 블록(RB(b)) 상에서 MU-MIMO 전송 모드를 지니고 전송되는 사용자 단말기 쌍( $UE(q = i), UE(q = j)$ )으로 언급됨을 의미한다.
- [0091] 상기 스케줄 리스트(S)의 일반 튜플  $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$ 가  $j = G$ 인 관계를 지니는 경우에, 이는 해당 스코어 ( $sm_{bij}$ )가 상기 자원 블록(RB(b)) 상에서 TxD 전송 모드를 가지고 전송되는 단일 사용자 단말기( $UE(q = i)$ )로 언급됨을 의미한다.
- [0092] 본 발명의 한 실시예에 의하면, 어느 전송 모드들이 상기 eNodeB에 의해 각각의 사용자 단말기( $UE(q)$ )를 향하게 사용되는지의 선택은 가장 큰 스코어들( $sm_{bij}$ )을 지니는 스케줄 리스트(S)의 튜플들  $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$ 에 의해 제공되는 {전송 모드 - 사용자 단말기들} 쌍들을 선택함으로써 수행된다.
- [0093] 도 2를 다시 참조하면, 상기 스케줄링 프로세스는 QoS 요건들을 고려하여 각각의 TTI 동안 각각의 자원 블록 (RB(b))을 특정 사용자 단말기( $UE(q)$ )(또는 MU-MIMO 전송 모드의 경우에, 사용자 단말기( $UE(q)$ ) 쌍에 할당하도록 구성된 절차인 QS 절차(220)를 부가적으로 포함할 수 있다.
- [0094] 앞서 언급한 바와 같이, 상기 TMS 절차(210)에 의해 생성되는 스케줄 리스트(S)를 기반으로 하여, 상기 QS 절차 (220)는 각각의 사용자 단말기( $UE(q)$ )(또는 MU-MIMO 전송 모드의 경우에 사용자 단말기 쌍)에 대하여, 전송된 바이트들의 수량뿐만 아니라, 각각의 사용자 단말기( $UE(q)$ )(또는 MU-MIMO 전송 모드의 경우에 사용자 단말기 쌍)에 할당된 자원 블록(RB(b))을 지정하는 할당 리스트(A)를 출력한다. 다시 말해서, 상기 QS 절차(220)는 QoS 요건들을 충족시키고 무선 자원들을 효과적으로 사용하는 스케줄링 결정들을 내리기 위해 상기 스케줄 리스트 (S)에 의해 제공되는 정보를 사용한다. 특히, QS 절차가 한 세트(SUE)의 사용자 단말기들( $UE(q)$ )에 대한 할당을 수행할 것을 선택하는 경우에, 상기 QS 절차는 아직 할당되지 않은 자원 블록들(RB(b)) 중에서 어느 자원 블록 (RB(b))이 가장 큰 달성가능한 레이트를 제공하는지를 알기 위해 상기 스케줄 리스트(S)를 사용한다. 본 발명의 한 실시예에 의하면, 상기 할당은 본 발명의 이하의 설명에 기재되어 있는 MCS-적용 할당 알고리즘을 사용하여 그러한 자원 블록(RB(b)) 상에서 수행되게 한다.
- [0095] 이하에서 설명되었지만, 상기 QS 절차(220)는 여러 목적이 달성될 수 있게 한다. 무엇보다도 먼저, 상기 QS 절차(220)는 (음성 및 비디오와 같은) 실시간 트래픽들을 관리하고, 상기 QS 절차(220)는 그러한 트래픽들을 대표 하는 시간 제약이 충족됨(다시 말하면, 최종기한의 놓침이 방지되어야 함)을 확증할 수 있다. 더군다나, 상기 QS 절차(220)는 동일한 서비스 클래스에 속하는 서로 다른 사용자 단말기들( $UE(q)$ )이 형평성에 맞게 다루어지고 공평 현상(starvation)이 생기지 않는다는 의미에서 "공정(fair)"하다. 마지막으로, 상기 QS 절차(220)는 주파 수 및 공간 도메인들 모두에서 다중 사용자 다이버시티를 이용하여, 무선 자원들을 효과적으로 사용한다.
- [0096] 이러한 서로 다른 목적들을 달성하기 위하여, 도 4에 예시된 본 발명의 한 실시예에 의하면, 상기 QS 절차(220)는 3가지의 부속 절차들, 즉 소위 긴급 부속 절차(410), 소위 공정 부속 절차(42), 및 소위 효율 절차(430)를 포함한다.
- [0097] 상기 3가지의 부속 절차들 각각은 상이한 목적을 달성하는데 그 목적이 있다. 특히, 상기 긴급 부속 절차(410)는 실시간 트래픽의 시간 제약을 다루며, 상기 공정 부속 절차(420)는 효과적인 자원들의 사용을 고려하여 각각의 사용자 단말기( $UE(q)$ )에 대한 최소한의 서비스를 보장하고, 상기 효율 부속 절차(430)는 나머지 자원들에 대한 셀 처리능력을 극대화하는데 그 목적이 있다.
- [0098] 상기 긴급 부속 절차(410)는 최대 무선 지연 예산 내에서 데이터가 수신될 수 있게 하기 위하여, 실시간 트래픽에 대한 최종기한의 놓침을 회피하도록 하는 태스크를 지닌다. 상기 긴급 부속 절차는 긴급 대기열(Urgent Queue; UQ)의 개념을 사용한다. 요약하면, UQ는 긴급 데이터를 지니는 단말기들( $UE(q)$ )의 선입선출(First-In-First-Out; FIFO) 대기열이다. UQ가 여러 개 존재할 수 있는데, 예컨대 하나의 UQ는 실시간 요건들을 지니는 각각의 서비스 클래스에 대한 것이다. 사용자 단말기( $UE(q)$ )가 상응하는 서비스 클래스에 대해 정의된 무선 지연 예산에 근접한 지연을 갖는 데이터를 지니는 경우에, 이러한 사용자 단말기( $UE(q)$ )는 긴급한 상황에 있는 것으로 고려되고 상기 사용자 단말기( $UE(q)$ )는 위에서 언급한 서비스 클래스에 상응하는 UQ에 삽입된다. 상기 긴급 부속 절차(410)는 상기 QS 절차(220)의 제1 단계를 나타내는데, 그 이유는 이러한 방식으로 긴급 실시간 데이터를 필요로 하는 사용자 단말기( $UE(q)$ )가 다른 모든 사용자 단말기( $UE(q)$ )에 걸쳐 엄격한 우선순위로 서비스를 제공받기 때문이다. 여기서 유념해야 할 점은 사용자 단말기( $UE(q)$ )가 긴급한 상황에 있는 것으로 고려되지 않은 경우에 이러한 것이 (이하에서 설명되었지만) 패킷이 전송되지 않음을 의미하지 않는다는 점이다.

- [0099] 각각의 UQ에 대하여, 다음과 같은 매개변수들이 정의된다:
- [0100] - 우선순위: 이는 다른 UQ들에 관련된 서비스 우선순위를 나타내고;
- [0101] - 무선 지연 예산: 상기 eNodeB 및 상기 UE(q) 간의 지연의 상한으로서 정의되며(예컨대, 3GPP 표준에 의해 PDB(Packet Delay Budget; 패킷 지연 예산)로부터 획득되며;
- [0102] - 최대 긴급 버스트(max urgent burst): 이는 사용자 단말기(UE(q))에 대하여 부속 절차(410)에 의해 서비스를 제공받을 수 있는 최대 바이트 수량을 지정하고, 그리고
- [0103] - 슬랙 시간(slack time): 이는 최종기한 전에 얼마나 많은 시간 동안 데이터 패킷이 긴급한 것으로 고려되어야 하는지를 지정한다.
- [0104] 단지 대표적인 표제로서, 상기 매개변수에 적합한 값들을 제공함으로써, UQ들 상에 LTE에 의해 제공되는 QoS 클래스 식별자(QoS Class Identifier; QCI)를 매핑하는 것이 가능하다. 우선순위 매개변수를 구성함으로써, 서비스 클래스들(서비스 차별화), 및 서로 다른 사용자들 또는 이들의 클래스들(사용자 차별화) 양자 모두를 예컨대 추가적인 사유 QCI들을 정의함으로써 구분짓는 것이 가능하다.
- [0105] 상기 긴급 부속 절차(410)는 우선순위의 내림차순으로 상기 UQ들에 서비스를 제공한다. 상기 서비스 동안, 상기 부속 절차(410)는,
- [0106] - 그러한 사용자 단말기(UE(q))의 긴급 데이터가 마무리될 때까지,
- [0107] - 최대 긴급 버스트에 이르게 될 때까지, 또는
- [0108] - 현재 TTI에서 더 이상 자원들이 존재하지 않을 때까지
- [0109] 사용자 단말기(UE(q))에 자원 블록들(RB(b))을 할당한다.
- [0110] 본 발명의 한 실시예에 의하면, 상기 긴급 부속 절차(410)에 의해 수행되는 할당 블록들(RB(b))의 할당은 이하의 설명에서 기재하게 될 신규한 MCS-적용 할당 기능을 사용하여 수행된다.
- [0111] 상기 공정 부속 절차(420)는 T개의 TTI의 시간 윈도우를 통해 각각의 사용자 단말기(UE(q))의 (모든 자원 블록들(RB(b))에 대해 지정된 채널 품질들 중에서) 가장 양호한 채널 품질을 추적하는 동작을 제공한다. 사용자 단말기(UE(b))가 자신의 채널 품질에서 국부 피크(local peak)를 지나는 경우에, 그러한 사용자 단말기(UE(q))는 상기 피크에 이르게 되는 자원 블록(RB(b)) 상에서 서비스를 제공받는다. 상기 공정 부속 절차(420)는 사용자 단말기(UE(q))의 상대적인 채널 상태들이 상기 사용자 단말기(UE(q))의 이력에 대하여 양호한 경우에 상기 사용자 단말기(UE(q))에 서비스를 제공하는 동작을 제공한다. 비록 사용자 단말기(UE(q))가 결단코 전혀 양호한 채널 상태들(이는 사용자 단말기들(UE(q))의 채널 상태들의 경우임)을 나타내지 않더라도, 상기 공정 부속 절차(420)는 이러한 사용자 단말기(UE(q))에 서비스를 제공하도록 하는 최선의 시간을 선택하는, 상기 사용자 단말기(UE(q))에 대한 최소한의 서비스를 또한 보장한다.
- [0112] 각각의 서비스 클래스에 대하여는, 다음과 같은 매개변수들이 정의된다.
- [0113] - 시간 윈도우의 크기 T(다시 말하면, 시간 윈도우를 형성하는 TTI들의 수), 및
- [0114] - 실제 채널 품질이 피크의 일부인 것으로 고려되는 임계값 t.
- [0115] 사용자 단말기(UE(q))의 채널 품질이 주어지면, 자원 블록(RB(b))이 상기 사용자 단말기(UE(q))의 스케줄링 데이터에 대하여 사용되면 "달성가능한 레이트"를 가지고 상기 사용자 단말기(UE(q))에 의해 그러한 자원 블록(RB(b)) 상에 정의하는 경우에, 상기 공정 부속 절차(420)는 (아직 할당되지 않은 하나 이상의 자원 블록들(RB(b))에 상응하는) 사용자 단말기(UE(q))의 실제 달성가능한 레이트(들)가 (상기 시간 윈도우에서 T개의 달성가능한 레이트들 중에서) 적어도 t개의 이력적인 달성가능한 레이트들보다 큰 경우에 상기 사용자 단말기(UE(q))의 채널 품질에서 국부 피크를 지나는 것으로 평가한다. 특히,  $r_i$ 를 가지고 상기 시간 윈도우의 i-번째 위치에 있는 달성가능한 레이트를 나타냄으로써, 그리고  $r_c$ 를 가지고 소정의 자원 블록(RB(b)) 상에서의 실제 달성가능한 레이트를 나타냄으로써, 상기 공정 부속 절차(420)는, 만약  $\sum_{i=1}^T 1_{\{r_c > r_i\}} \geq t$  인 경우에 사용자 단말기(UE(q))가 그러한 자원 블록(RB(b)) 상에서 국부 피크를 지나는 것으로 평가한다.



- [0116] 본 발명의 한 실시예에 의하면, 긴급 부속 절차(410)와 같이, 또한 상기 공정 부속 절차(420)에 의해 수행되는 자원 블록들(RB(b))의 할당들은 이하의 설명에서 기재하게 될 MCS-적응 할당 기능을 사용하여 수행된다.
- [0117] 상기 QS 절차(220)의 마지막 부속 절차는 효율 부속 절차(430)이다. 그러한 부속 절차는 처리능력을 극대화하기 위해 지금까지 사용되지 않은 채로 남아 있던 그러한 주파수 자원들을 이용하도록 MaxCi-같은 동작에 따른 나머지 자원 블록들(RB(b))을 할당하는 동작을 제공한다.
- [0118] 본 발명의 한 실시예에 의하면, 또한 상기 효율 부속 절차(420)에 의해 수행되는 자원 블록(RB(b))의 할당들은 상기 긴급 부속 절차(410)에 의해 그리고 상기 공정 부속 절차(420)에 의해 사용되는 MCS-적응 할당 기능을 사용하여 수행된다.
- [0119] 본 발명의 한 실시예에 의하면, 상기 MCS-적응 할당 기능은 동일한 코드워드에 속하는 모든 자원 블록들(RB(b))이 동일한 MCS를 사용하는 방식으로 자원 블록(RB(b)) 상에 사용될 MCS들을 적응적으로 선택하도록 구성된다.
- [0120] 도 5에 예시된 플로차트를 참조하면, 상기 MCS-적응 할당 기능의 제1 단계는 고려된 인덱스 쌍 {i,j}에 의해 식별된 한 세트(SUE)의 사용자 단말기(들)(UE(q))가 이미 할당되었는지의 여부를 체크하는 동작(블록 510)을 제공한다.
- [0121] 고려된 인덱스 쌍 {i,j}에 의해 식별된 한 세트(SUE)의 사용자 단말기(들)(UE(q))가 이미 할당되어 있지 않은 경우에(블록 510의 N 분기 출구), 상기 인덱스 쌍 {i,j}에 상응하는 사용자 단말기(들)(UE(q))는 소정의 자원 블록(RB(b))에 대한 최선의 MCS를 사용하여 할당된다(블록 520). 실제로, 상기 자원 블록(RB(b))이 할당되는 제 1 블록이기 때문에, 어떠한 문제도 없이 이러한 자원 블록(RB(b))에 대한 CQI에 상응하는 MCS를 사용하는 것이 가능하다.
- [0122] 고려된 인덱스 쌍 {i,j}에 의해 식별된 한 세트(SUE)의 사용자 단말기(들)(UE(q))가 이미 할당된 경우에(블록 510의 Y 분기 출구), 다시 말하면 상기 인덱스 쌍 {i,j}에 상응하는 사용자 단말기(들)(UE(q))에 하나 이상의 서로 다른 자원 블록들(RB(b))이 이미 할당된 경우에, 새로운 할당이 이전에 사용된 것과는 다른 MCS의 사용을 필요로 하는데, 그 이유는 상기 새로운 자원 블록(RB(b))에 대한 CQI가 이전에 할당된 자원 블록들(RB(b))의 CQI와 다를 수 있기 때문이다. 상기 스케줄 리스트(S)가 내림차순의 스코어로 분류되기 때문에, 상기 새로운 자원 블록(RB(b)) 상의 MCS는 이전에 할당된 자원 블록(RB(b))의 MCS와 동일하거나 작다. 동일한 코드워드의 서로 다른 자원 블록들(RB(b)) 상에서의 서로 다른 MCS 스킴들의 사용이 표준에 의해 저지된다고 가정하면, 보수적이지만 실행가능한 솔루션은 할당된 자원 블록들(RB(b)) 중에서, 최소 CQI를 지니는 RB에 상응하는 MCS를 모든 할당된 자원 블록들(RB(b)) 상에서 사용하는 것일 것이다. 그러나, 이러한 규칙은 매우 저조한 성능으로 이끌 수 있는데, 그 이유는 상기 규칙이 과도하게 작은 레이트 MCS들을 허용하기 때문이다. 일반적으로, 또한 다른 규칙들은 할당된 자원 블록들(RB(b))에 대하여 유일한 MCS 값을 선택할 때 적용될 수 있다(예를 들면, 상기 할당된 자원 블록들(RB(b)) 중에서 평균 MCS를 사용하는 것이 가능하다).
- [0123] 그러므로, 본 발명의 한 실시예에 의하면, 인덱스 쌍 {i,j}에 상응하는 사용자 단말기(들)(UE(q))에 할당된 모든 자원 블록들(RB(b))에 대한 작은 MCS를 사용하여 (가능하면) 인덱스 쌍 {i,j}에 상응하는 사용자 단말기(들)(UE(q))에 새로운 자원 블록(RB(b))을 할당함으로써 이득이 획득될 수 있는지를 평가하는 체크가 이루어진다. 본 발명의 한 실시예에 의하면, 상기 인덱스 쌍 {i,j}에 상응하는 사용자 단말기(들)(UE(q))에 대한 새로운 자원 블록(RB(b))의 할당이 유리한지의 여부를 이해하기 위하여 i) 상기 새로운 할당을 수행하고 ii) 이전에 할당된 모든 자원 블록들 상에 사용된 (하나의 그리고 유일한) MCS를 상기 새로운 자원 블록에 대하여 지정된 CQI로부터 획득된 MCS로 변경하여 획득될 수 있는 처리능력 이득(throughput gain; TG)이 연산된다(블록 530). 본 발명의 한 실시예에 의하면, 상기 처리능력 이득 TG는,

[0124] 
$$TG = (N_{RBs}(i)+1)*MCS_{new} - Bytes(i)$$

[0125] 로서 정의될 수 있는데, 여기서,

[0126]  $N_{RBs}(i)$ 는 사용자 i에 대하여 이전에 할당된 RB들의 개수이고,

[0127]  $Bytes(i)$ 는 사용자 i에 대하여 이전에 할당된 바이트들의 개수이며,

[0128]  $MCS_{new}$ 는 새로운 MCS를 가지고 전송될 수 있는 바이트들의 개수이다.

[0129] 상기 처리능력 이득(TG)이 음(-)이거나 널(null)인 경우에, 상기 할당은 즉시 저지된다(블록 550으로 진행되는 블록 540의 N 분기 출구).

[0130] 그 대신에 상기 이득이 양(+)인 경우에(블록 540의 Y 분기 출구), 상이한 인덱스 쌍 {h,k}에 상응하는 사용자 단말기(들)(UE(q))가 상기 자원 블록(RB(b)) 상에 할당할 수 있는 바이트들의 개수가 상기 계산된 이득(TG)보다 크도록 그러한 인덱스 쌍 {h,k}이 존재하는지를 평가하기 위한 체크가 이루어진다(블록 560). 상기 자원 블록(RB(b)) 상에서의 양호한 인덱스 쌍에 대한 이러한 탐색에서, 단지 이미 할당되지 않은 쌍들만이 재귀(recursion)를 회피하기 위해 고려된다.

[0131] 상이한 인덱스 쌍 {h,k}에 상응하는 사용자 단말기(들)(UE(q))가 상기 자원 블록(RB(b)) 상에 할당할 수 있는 바이트들의 개수가 상기 계산된 이득(TG)보다 크도록 그러한 인덱스 쌍 {h,k}이 존재하는 경우에(블록 560의 Y 분기 출구), 상기 할당은 즉시 저지된다(블록 550).

[0132] 상이한 인덱스 쌍 {h,k}에 상응하는 사용자 단말기(들)(UE(q))가 상기 자원 블록(RB(b)) 상에 할당할 수 있는 바이트들의 개수가 상기 계산된 이득(TG)보다 크도록 그러한 인덱스 쌍 {h,k}이 존재하지 않는 경우에(블록 560의 N 분기 출구), T상기 MCS는 상기 인덱스 쌍 {i,j}에 상응하는 사용자 단말기(들)(UE(q))에 이미 할당된 자원 블록(RB(b)) 상에 적용되고(블록 570), 상기 자원 블록(RB(b))은 실제로 상기 사용자 단말기(들)(UE(q))에 할당된다(블록 520).

[0133] 본원의 이하 설명에서는, 제안된 MCS-적용 기능의 대표적인 동작이 기재되어 있다. 여기서 가정된 점은 시스템 대역폭이 3개의 자원 블록(RB(b))(b는 0 내지 2임)으로 나뉘지고, 2개의 사용자 단말기(UE(q))(q는 1 내지 2 임)가 존재한다는 점이다. 여기서 유념할 점은 고려된 경우가 단지 예시만을 위해 3개의 자원 블록에 대한 것이라는 점이다(당업자라면 3GPP 표준에서 LTE에서의 RB들의 최소 개수가 6개이며 이는 1.4 MHz의 대역폭에 대한 것임을 알 수 있을 것이다).

[0134] 여기서 가정된 점은 TMS 알고리즘에 의해 생성된 스케줄 리스트(S)가

	RB	쌍	스코어
1)	0	1,G	100
2)	1	2,G	80
3)	2	1,G	60
4)	2	2,G	55
5)	0	2,G	40
6)	1	1,G	30

[0135] 와 같다는 점이다.

[0137] 여기서 볼 수 있는 점은 사용자들 모두에 대하여 송신 다이버시티가 전송 모드로서 선택되었다는 점이다. 여기서 가정된 점은 각각의 엔트리에 대하여 MCS 적용 할당 기능을 호출하는 사이클이 스케줄 리스트(S)에 대해 수행된다는 점이다. 다음과 같은 단계들이 획득된다.

[0138] 1. 엔트리 1이 순회(visit)됨: RB 0이 비어 있고 RB 0이 사용자를 위한 제1 할당임

[0139] 2. 엔트리 2가 순회됨: RB 1이 비어 있고 RB 1이 사용자를 위한 제1 할당임

[0140] 3. 엔트리 3이 순회됨: RB 2가 비어 있지만 사용자 1이 이미 RB 0 상에 할당됨으로써 새로운 할당이 유리한 지의 여부를 평가하기 위한 체크가 이루어짐.

[0141] a. 무엇보다도 먼저 상기 처리능력 이득(TG)이

[0142]  $TG = (1 + 1) \times 60 - 100 = 20$

[0143] 과 같이 연산되고

[0144] b. 상기 이득이 양(+)이므로, 양호한 인덱스 쌍들을 찾을 필요가 있다. 유일한 다른 쌍은 {2,G}이지만, 상기 유일한 다른 쌍은 이미 할당되었으므로, 상기 유일한 다른 쌍은 상기 탐색으로부터 배제된다. 따라서 양호한 인덱스 쌍들이 존재하지 않으며 RB 2가 사용자 1에 할당되는 것으로 추정된다.

[0145] 모든 RB들이 할당되었으므로, 상기 절차가 종료된다.

- [0146] 본원의 이하 설명에서는 제안된 스케줄링 프로세스의 대표적인 동작이 기재되어 있다. 이러한 예에 의하면, 상기 선택 부속 절차는 상기 극대화 국부 방법을 사용하여 상기 스케줄 리스트(S)를 생성하도록 구성된다.
- [0147] 여기서 가정된 점은 시스템 대역폭이 3개의 자원 블록(RB(b))(b = 1 내지 3임)으로 나뉘지고 4개의 사용자 단말기(UE(q))(q = 1 내지 4 임)가 존재한다는 점이다. 여기서 유념해야 할 점은 고려된 경우가 단지 예시만을 위해 3개의 자원 블록에 대한 것이라는 점이다(당업자라면 3GPP 표준에서 LTE에서의 RB들의 최소 개수가 6개이며 이는 1.4 MHz의 대역폭에 대한 것임을 알 수 있을 것이다).
- [0148] 더욱이, 모든 사용자 단말기들(UE(q))은 동일한 서비스 클래스에 속하고, 다음과 같은 매개변수들을 갖는 해당 UQ를 지닌다.
- [0149] - 우선순위:3;
- [0150] - 무선 지연 예산: 50 ms;
- [0151] - 최대 긴급 버스트: 500 B, 그리고
- [0152] - 슬랙 시간: 10 ms.
- [0153] 여기서 가정된 점은 상기 사용자 단말기(UE(3))가 이미 대기된 41 TTI를 지나는 100B 패킷을 자신의 버퍼 내에 지니지만 나머지 사용자 단말기들(UE(1), UE(2), UE(4))이 15 TTI를 대기하고 있는 그들 각각의 버퍼들에 데이터를 지닌다는 점이다.
- [0154] 상기 공정 절차에 관련된 매개변수들은 다음과 같은 매개변수들이다.
- [0155] -  $T = 5$ , 그리고
- [0156] -  $T = 3$ .
- [0157] 이러한 예를 간단하게 하기 위해 모든 가중치들( $w_b$ , b = 1 내지 B임)이 1로 설정된다.
- [0158] 여기서 가정된 점은 상기 달성가능한 레이트들의 이력적인 값들의 시간 윈도우들이 다음과 같은 시간 윈도우들이라는 점이다.
- [0159] - UE(1): 100, 100, 100, 120, 80;
- [0160] - UE(2): 130, 100, 80, 100, 100;
- [0161] - UE(3): 90, 110, 110, 110, 80;
- [0162] - UE(4): 80, 100, 100, 100, 100.

[0163] 더욱이, 여기서 가정된 점은 (B\*N\*G = 3\*4\*5와 같은 치수를 지니는) 스케일된 레이트 매트릭스(SM)가,

$$SM(b=1) = \begin{pmatrix} 85 & 50 & 45 & 60 & 40 \\ 0 & 120 & 65 & 70 & 30 \\ 0 & 0 & 20 & 75 & 60 \\ 0 & 0 & 0 & 70 & 60 \end{pmatrix}$$

$$SM(b=2) = \begin{pmatrix} 85 & 50 & 75 & 80 & 50 \\ 0 & 80 & 30 & 90 & 30 \\ 0 & 0 & 40 & 60 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 75 & 60 \end{pmatrix}$$

$$SM(b=3) = \begin{pmatrix} 80 & 60 & 65 & 90 & 70 \\ 0 & 80 & 60 & 50 & 60 \\ 0 & 0 & 80 & 30 & 70 \\ 0 & 0 & 0 & 70 & 60 \end{pmatrix}$$

[0164]

[0165] 와 같다는 점이다(쉽게 읽을 수 있게 하기 위해, 3차원적인 SM이 3개의 2차원 매트릭스로서 기재되어 있으며 각각의 2차원 매트릭스는 특정 자원 블록(RB(b))에 상응하는 것이다).

[0166] 위에서 언급한 스케일된 매트릭스(SM)를 기반으로 하여, 상기 선택 부속 절차는, 상기 스케일된 매트릭스(SM)의 해당 요소(sm<sub>bij</sub>) 내에서, b의 모든 값들에 걸쳐 그리고 동일한 쌍 i, j에 대하여 가장 큰 요소(l<sub>ij</sub>)를 지니는 매트릭스(L), 즉

$$L = \begin{pmatrix} 85 & 60 & 75 & 90 & 70 \\ 0 & 120 & 65 & 90 & 60 \\ 0 & 0 & 80 & 75 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 75 & 60 \end{pmatrix}$$

[0167]

[0168] 를 생성한다.

[0169] 이 시점에서, 상기 최대값의 반복 탐색이 개시된다.

[0170] 상기 반복 탐색의 제1 단계에서는, 최대값이 120인 것으로 알려지게 되므로, SpMux 전송 모드를 사용하여 스케줄된 사용자 단말기(UE(2))에 상응하는 인덱스 쌍 {2,2}가 선택된다. 그리고나서, 스케줄 리스트(S)가 다음과 같은 3가지 튜플들 T{b, i, j, sm<sub>bij</sub>}, 즉

[0171] {1, 2, 2, 120}; {2, 2, 2, 80}; {3, 2, 2, 80}

[0172] 을 가지고 업데이트된다.

[0173] 그리고나서, 매트릭스(L)는 i = 2에 상응하는 열 및 j = 2에 상응하는 행을 제로(zero)에 맞춰서,

$$L' = \begin{pmatrix} 85 & 0 & 75 & 90 & 70 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 80 & 75 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 75 & 60 \end{pmatrix}$$

[0174]

[0175] 와 같은 매트릭스(L')를 획득함으로써 업데이트된다.

[0176] 상기 반복 탐색의 제2 단계에서는, 최대값이 100인 것으로 알려지게 되므로, TxD 전송 모드를 사용하여 스케줄링된 사용자 단말기(UE(3))의 경우에 상응하는 인덱스 쌍 {3,G}가 선택된다. 그리고나서, 스케줄 리스트(S)가 다음과 같은 3가지 튜플들  $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$ , 즉

[0177]  $\{1, 3, G, 60\}; \{2, 3, G, 100\}; \{3, 3, G, 70\}$

[0178] 을 가지고 업데이트된다.

[0179] 그리고나서, 매트릭스(L')는  $i = 3$ 에 상응하는 열 및  $j = 3$ 에 상응하는 행을 제로(zero)에 맞춰서,

$$L'' = \begin{pmatrix} 85 & 0 & 0 & 90 & 70 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 75 & 60 \end{pmatrix}$$

[0180]

[0181] 와 같은 매트릭스(L'')를 획득함으로써 업데이트된다.

[0182] 상기 반복 탐색의 제3 단계에서는, 최대값이 90인 것으로 알려지게 되므로, MU-MIMO 전송 모드를 가지고 전송되는 사용자 단말기들(UE(1),UE(4))의 경우에 상응하는 인덱스 쌍 {1,4}이 선택된다. 그리고나서, 상기 스케줄 리스트(S)는 다음과 같은 3가지 튜플들  $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$ , 즉

[0183]  $\{1, 1, 4, 60\}; \{2, 1, 4, 80\}; \{3, 1, 4, 90\}$

[0184] 을 가지고 업데이트된다.

[0185] 상기 전송 모드가 이미 4개의 사용자 단말기(UE(q)) 중 각각의 사용자 단말기에 대하여 이미 선택되었으므로, 상기 탐색이 마무리된다.

[0186] 스코어를 줄임으로써 순서화된 결과적으로 획득된 스케줄 리스트(S)는,

RB(b)	인덱스 쌍	스코어
RB(1)	{2,2}	120
RB(2)	{3,G}	100
RB(3)	{1,4}	90
RB(2)	{2,2}	80
RB(3)	{2,2}	80
RB(2)	{1,4}	80
RB(3)	{3,G}	70
RB(1)	{3,G}	60
RB(1)	{1,4}	60

[0187]

[0188] 와 같은 스케줄 리스트이다.

[0189] 위에서 언급한 스케줄 리스트(S)를 기반으로 하여, 상기 QS 절차는 (이러한 순서로) 긴급, 공정 및 효율 부속 절차들을 수행하는 할당 리스트(A)를 생성한다. 좀더 구체적으로 기술하면, 상기 QS 절차가 한 세트(SUE)의 사용자 단말기들(UE(q))에 대한 할당을 수행할 것을 선택할 경우에, 상기 QS 절차는 이미 할당된 자원 블록들(RB(b)) 중에서 어느 자원 블록(RB(b))이 가장 큰 달성가능한 레이트를 제공하는지를 알기 위하여 상기 스케줄 리스트(S)를 사용한다. 상기 할당은 상기 MCS 적응 할당 기능을 사용하여 그러한 자원 블록(RB(b)) 상에서 수행하게 된다.

[0190] 변형 실시예로서, 상기 QS 절차의 첫 번째 2가지 부속 절차들의 수행 순서를 변경하여 상기 부속 절차들을 다음과 같은 순서, 즉 공정, 긴급, 효율과 같은 순서로 수행하는 것이 가능하다. 이러한 변경을 사용하려면, 상기 긴급 부속 절차 자체를 위한 그러한 수량의 자원 블록(들)을 예약하기 위해 상기 긴급 부속 절차에 필요한 수량의 자원 블록(들)(RB(b))이 추정되는 예비 단계를 수행할 필요가 있다.

- [0191]     긴급 부속 절차
- [0192]     모든 사용자 단말기들(UE(q))이,
- [0193]      $DT = \text{지연 예산} - \text{슬랙 시간}$
- [0194]     과 같이 정의된 지연 임계값(Delay Threshold; DT)보다 긴 시간 동안 버퍼에서 대기하고 있는 경우에 데이터가 긴급한 것으로 고려되는 동일한 서비스 클래스에 모든 사용자 단말기들(UE(q))이 속한다.
- [0195]     그러므로, 긴급 데이터를 지니는 유일한 사용자 단말기(UE(q))는 데이터가 41 TTI를 대기하고 있는 사용자 단말기(3)이다. 따라서, 이러한 사용자 단말기(UE(3))는 상기 TMS 절차에 의해 선택되는 전송 모드를 이용하여, 상기 사용자 단말기에 더 유리한 자원 블록(RB(b)) 상에서 우선순위 방식으로 서비스를 제공받는다. 그러므로, 상기 MCS 적용 할당 기능을 사용하여, 100B는 TD 전송 모드를 사용하여 자원 블록(RB(2)) 상에서 사용자 단말기(UE(3))에 할당된다.
- [0196]     다른 사용자 단말기들이 긴급한 것으로 고려되지 않기 때문에, 긴급 부속 절차가 마무리된다.
- [0197]     공정 부속 절차
- [0198]     각각의 사용자 단말기(UE(q))에 대하여 (상기 스케줄 리스트(S)를 참조하여) 각각의 사용자 단말기(UE(q))의 현재 가장 큰 달성가능한 레이트가 채널 피크에서 상기 사용자 단말기(UE(q)) 자체를 고려하도록 한 것인지를 평가하기 위한 체크가 이루어진다.
- [0199]     - 상기 사용자 단말기(UE(1))에 대하여, 현재 가장 큰 달성가능한 레이트는 (자원 블록(RB(3)) 상에서) 90 바이트와 동일하며, 90은 단지 단일의 이력적인 값보다 크므로, 상기 사용자 단말기(UE(1))는 채널 피크(3인 한계값)에 있는 것으로 평가된다.
- [0200]     - 상기 사용자 단말기(UE(2))에 대하여, 현재 가장 큰 달성가능한 레이트는 (자원 블록(RB(1)) 상에서) 120 바이트와 동일하며, 120은 4개의 이력적인 값보다 크고, 4는 임계값 t보다 크므로, 상기 사용자 단말기(UE(2))는 채널 피크에 있는 것으로 평가된다. 따라서, 상기 사용자 단말기(UE(2))는 상기 TMS 절차에 의해 선택된 전송 모드를 사용하여 (상기 사용자 단말기(UE(2))가 피크를 지니는) 자원 블록(RB(1)) 상에서 서비스를 제공받는다. 그러므로, 상기 MCS 적용 할당 기능을 사용하여, 120B(바이트)는 SpMux 전송 모드를 사용하여 자원 블록(RB(1)) 상에서 상기 사용자 단말기(UE(2))에 할당된다.
- [0201]     - 상기 사용자 단말기(UE(3))에 대하여, 아직 할당되지 않은 자원 블록(자원 블록(RB(3)) 상에서의 현재 가장 큰 달성가능한 레이트는 70이며, 70은 모든 이력적인 값들보다 작으므로, 상기 사용자 단말기(UE(3))는 채널 피크에 있지 않은 것으로 평가된다.
- [0202]     - 상기 사용자 단말기(UE(4))에 대하여, (자원 블록(RB(3)) 상에서의) 현재 가장 큰 달성가능한 레이트는 90이며, 90은 단지 단일의 이력적인 값보다 크므로, 상기 사용자 단말기(UE(4))는 채널 피크에 있지 않은 것으로 평가된다.
- [0203]     효율 부속 절차
- [0204]     스케줄 리스트(S)는 지금까지 할당되지 않고 남아 있던 자원 블록들(RB(b))을 할당하기 위해 조사된다. 특히,
- [0205]     - 상기 스케줄 리스트의 제1 튜플은 SpMux 전송 모드에서 상기 사용자 단말기(UE(2))에 이미 할당된 자원 블록(RB(1))을 언급하고;
- [0206]     - 상기 스케줄 리스트의 제2 튜플은 TxD 전송 모드에서 상기 사용자 단말기(UE(3))에 이미 할당된 자원 블록(RB(2))을 언급하며, 그리고
- [0207]     - 상기 스케줄 리스트의 제3 튜플은 여전히 비어 있는 자원 블록(PB(3))을 언급한다. 그러한 자원 블록(PB(3))은 결과적으로 상기 MCS 적용 할당 기능을 사용하여 MU-MIMO 전송 모드에서 사용자 단말기들(UE(1),UE(4))에 할당된다.

[0208] 그러므로, 상기 QS 절차에 의해 생성된 할당 리스트(A)는,

RB(b)	인덱스 쌍	바이트
1	{2,2}	120
2	{3,G}	100
3	{1,4}	90

[0209]

[0210] 와 같다.

[0211]

물론, 국부적이고 특정한 요건들을 충족시키기 위하여, 당업자는 위에서 설명한 솔루션에 여러 논리적 그리고/또는 물리적 수정 및 변경들을 적용할 수 있다. 좀더 구체적으로 기술하면, 본 발명이 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 어느 정도 상세하게 설명되었지만, 여기서 이해하여야 할 점은 형태 및 세부사항들에 있어서의 대체 및 변경들과 아울러 다른 실시예들이 가능하다는 점이다. 특히, 본 발명의 다른 실시예들은 본 발명의 이해를 통해 더 많은 것을 제공하기 위해 이전의 설명에 기재된 (심지어 수치적인 예들과 같은) 특정한 세부들 없이 실시될 수 있고, 이에 반하여 공지된 특징들은 불필요한 세부들로 상기 설명을 불명료하게 하지 않도록 생략되거나 간략하게 될 수 있다. 분명하게 의도된 점은 본 발명의 어떤 개시된 실시예와 관련지어 설명된 특정 요소들 및/또는 방법 단계들은 일반 설계 선택 사항으로서 다른 어떤 실시예에 합체될 수 있다는 점이다.

[0212]

예를 들면, 비록 본원 설명에서 LTE 시스템의 다운링크 전송들에 대해 참조가 이루어졌더라도, 유사한 고려들이 업링크 전송들에 적용된다. 이러한 경우에, 상기 TMS 절차는 업링크 전송에 대하여 상이한 전송 모드를 적절히 선택하도록 허용하면서, 앞서 설명한 바와 동일한 방식으로 동작한다. 상기 MCS 적용 할당 기능과 관련하여, 사용자 단말기들에 의해 보고된 CQI를 상기 eNodeB에 의해 수행되는 업링크 채널의 추정치로 대체하면 충분하다. 상기 QS 절차는 HOL 패킷의 대기 시간 및 버퍼 상태를 알아야 하는데, 이러한 정보는 상기 사용자 단말기에 의해 업링크에서 전송된 BSR로부터 획득될 수 있다.

[0213]

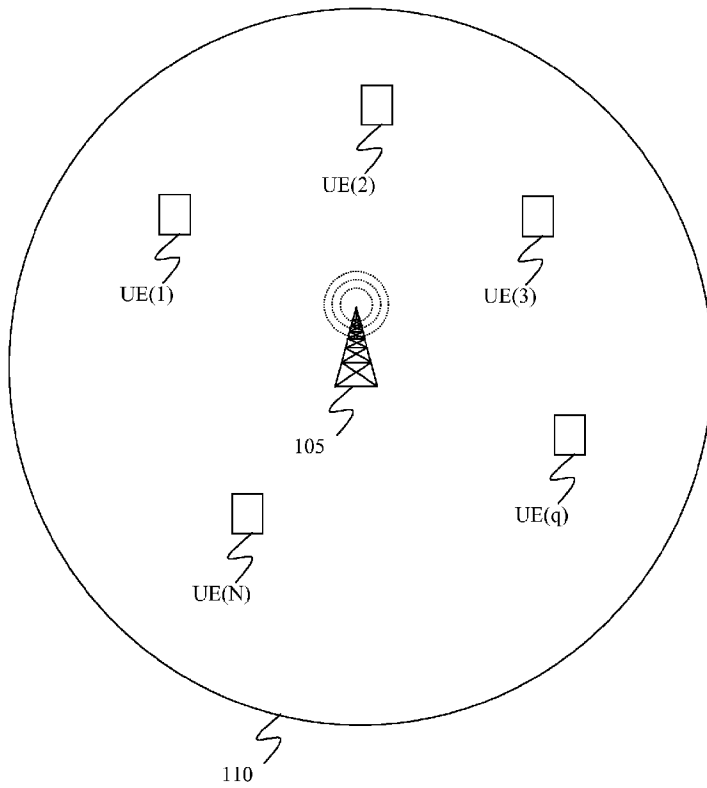
더욱이, 상기 TMS 절차는 추가 전송 모드들을 지원하는 방식으로 쉽게 확장될 수 있다. 상기 추가 전송 모드들이 단일 사용자 타입을 지니는 경우에, 각각의 추가 전송 모드에 대하여 레이트 매트릭스 내에 새로운 행을 추가하면 충분하다. 추가적인 다중 사용자 전송 모드들의 경우에 이해해야 할 점은 결과적으로 초래된 레이트 매트릭스가 그룹화될 수 있는 가장 많은 사용자 단말기들에 1을 더한 값과 같은 다수의 차원을 지니게 된다는 점이다.

[0214]

본 발명의 한 실시예에 따른 솔루션은 (유사한 단계들을 사용하고, 필수적이지 않은 몇몇 단계들을 제거하거나 부가적인 옵션 단계들을 추가함으로써) 등가의 방법을 통해 구현되기에 적합하며, 더욱이 상기 단계들이 상이한 순서로, 동시에 또는 (적어도 부분적으로) 교차배치된 방식으로 수행될 수 있다.

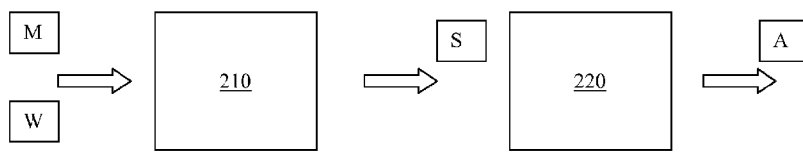
도 1

도 1

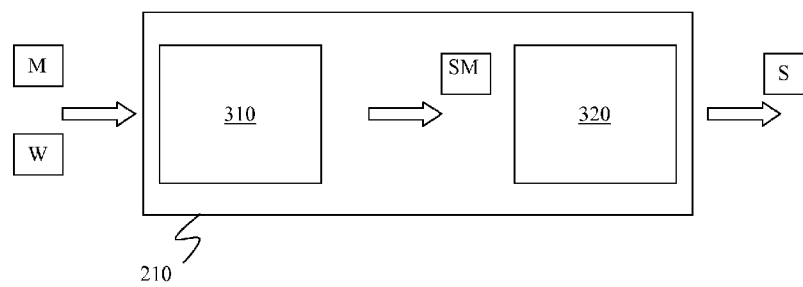


100

도 2

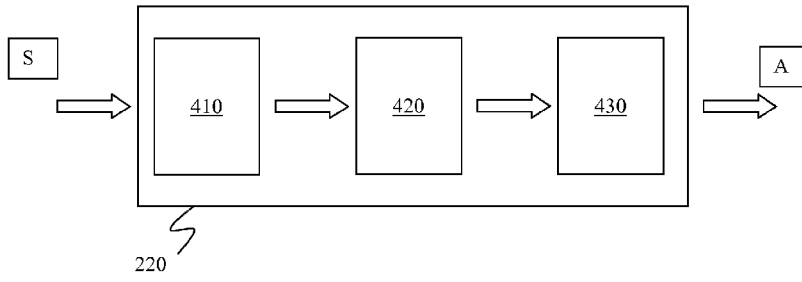


도 3





도 4



도 5

