



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년07월28일

(11) 등록번호 10-1539618

(24) 등록일자 2015년07월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04W 72/12 (2009.01) H04W 16/24 (2009.01)

(21) 출원번호 10-2014-0017104

(22) 출원일자 2014년02월14일

심사청구일자 2014년02월14일

(56) 선행기술조사문헌

"User Throughput Estimation for the PF scheduling Algorithm under MIMO Channel Environment", J.S.Choi와 3인, IEEE WCL, Vol.1, No.5, (2012.10.31.)

"Coordinated Multipoint Transmission with Limited Backhaul Data Transfer: Jian Zhao와 2인, IEEE Trans. on Wireless Communications, Vol.12, no.6, pp.2762-2775 (2013.06.30.)

(73) 특허권자

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

소재우

서울특별시 마포구 독막로28길 10 101동 1204호 (신수동, 밤섬경남아너스빌)

황규연

경기도 광명시 도덕공원로 59 106동 1201호(철산동, 광명푸르지오아파트)

(74) 대리인

특허법인충현

전체 청구항 수 : 총 12 항

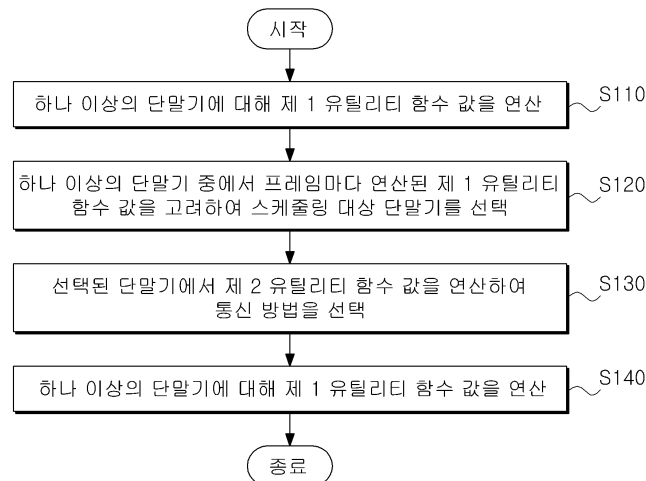
심사관 : 이종익

(54) 발명의 명칭 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법 및 장치

(57) 요약

유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법 및 장치에 관한 것으로서, 하나 이상의 단말기에 대해 스케줄링 기법의 적용을 결정하는 제 1 유틸리티 함수 값을 연산하고, 하나 이상의 단말기 중에서 프레임마다 연산된 상기 제 1 유틸리티 함수 값을 고려하여 스케줄링 대상 단말기를 선택하고, 선택된 단말기에서 제 2 유틸리티 함수 값을 연산하며, 제 2 유틸리티 함수 값을 고려하여 통신 방법을 선택함으로써, 통신 방법이 선택된 단말기에 대하여 선택된 서비스를 제공한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012R1A2A2A01012059

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원사업(핵심연구)

연구과제명 이동체를 위한 massive BDMA 시스템 요소 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2012.05.01 ~ 2015.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

하나 이상의 단말기에 대해 스케줄링 기법의 적용을 결정하는 제 1 유틸리티 함수 값을 연산하는 단계;

상기 하나 이상의 단말기 중에서 프레임마다 연산된 상기 제 1 유틸리티 함수 값을 고려하여 스케줄링 대상 단말기를 선택하는 단계;

상기 선택된 단말기에 대하여 제 2 유틸리티 함수 값을 연산하며, 상기 제 2 유틸리티 함수 값을 고려하여 통신 방법을 선택하는 단계; 및

상기 통신 방법이 선택된 단말기에 대하여 서비스를 제공하는 단계를 포함하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 스케줄링 대상 단말기를 선택하는 단계는,

상기 하나 이상의 단말기 중에서 프레임마다 연산된 상기 제 1 유틸리티 함수 값의 크기 순서에 기초하여 스케줄링 가능한 최대 단말기의 개수만큼 상기 스케줄링 대상 단말기를 선택하는 단계를 포함하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 유틸리티 함수 값을 고려하여 선택되는 통신 방법은,

셀 가장자리 단말기의 낮은 데이터 전송률을 증가시킬 수 있는 협력적 통신(Coordinate Multi-Point: CoMP) 방법 및

셀에 배치된 모든 단말기의 데이터 전송률을 고려하는 비협력적 통신(Non-Coordinate Multi-Point: Non-CoMP) 방법 중 어느 하나가 선택되는 것을 특징으로 하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 협력적 통신 방법은,

상기 협력적 통신 방법 중 조인트 프로세싱(joint processing)을 이용하여 단말기가 수신받는 신호의 크기를 증가시키며, 상기 단말기에 대한 셀 간 간섭의 크기를 감소시키는 것을 특징으로 하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 스케줄링 기법은,

시스템 수율과 단말기 간의 데이터 전송률에 대한 공평성을 고려하여 스케줄링하는 비례공정(Proportional Fair: PF) 기법인 것을 특징으로 하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 스케줄링 기법은,

하나의 단말기의 데이터 전송률을 최대화하도록 스케줄링하는 최대 레이트(Maximum Rate: MR) 기법인 것을 특징으로 하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 하나 이상의 단말기는 다중 셀 네트워크 환경에서 어느 한 셀에 배치되는 것을 특징으로 하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중에 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

청구항 9

하나 이상의 단말기에 대해 스케줄링 기법의 적용을 결정하는 제 1 유틸리티 함수 값을 연산하고, 스케줄링 대상으로 선택된 단말기에서 제 2 유틸리티 함수 값을 연산하는 유틸리티 함수 값 연산부;

상기 하나 이상의 단말기 중 프레임마다 연산된 상기 제 1 유틸리티 함수 값을 고려하여 스케줄링 대상 단말기를 선택하고, 상기 제 2 유틸리티 함수 값을 고려하여 통신 방법을 선택하는 선택부; 및

상기 통신 방법이 선택된 단말기에 대하여 서비스를 제공하는 자원할당부를 포함하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 선택부는,

상기 하나 이상의 단말기 중에서 프레임마다 연산된 상기 제 1 유틸리티 함수 값의 크기 순서에 기초하여 스케줄링 가능한 최대 단말기의 개수만큼 상기 스케줄링 대상 단말기를 선택하는 것을 특징으로 하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 장치.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 제 2 유틸리티 함수 값을 고려하여 선택되는 통신 방법은,

셀 가장자리 단말기의 낮은 데이터 전송률을 증가시킬 수 있는 협력적 통신 방법 및

셀에 배치된 모든 단말기의 데이터 전송률을 고려하는 비협력적 통신 방법 중 어느 하나가 선택되는 것을 특징으로 하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 장치.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 스케줄링 기법은,

시스템 수율과 단말기 간의 데이터 전송률에 대한 공평성을 고려하여 스케줄링하는 비례공정(Proportional Fair: PF) 기법 및

하나의 단말기의 데이터 전송률을 최대화하도록 스케줄링하는 최대 레이트(Maximum Rate: MR) 기법 중 어느 하나가 선택되는 것을 특징으로 하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법에 관한 것으로, 특히, 멀티 셀 환경에서 협력 전송을 고려한 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현재, 무선 이동 통신 시스템은 고속 통신을 위하여 LTE(Long Term Evolution) 시스템을 사용하고 있다. LTE 시스템 상에서는 사용하는 무선 자원 관리 기법에 따라서 시스템의 성능이 좌우될 수 있다.

[0003] 보통, 기존의 자원관리 기법의 종류로는 라운드 로빈(Round Robin) 기법, 최대 레이트(Maximum Rate) 기법, 또는 비례 공정(Proportional Fair) 기법 등이 존재한다.

[0004] 일반적으로 이동통신 시스템에는 전체 시스템 성능을 중시하는 비협력적 통신과 가장자리 사용자의 성능을 중시하는 협력적 통신이 존재한다.

[0005] 비협력적 통신은 전체 시스템 서비스 품질을 보장할 수 있지만, 가장자리 사용자의 성능을 보장하지 못할 수 있고, 협력적 통신은 전체적인 성능을 보장할 수 없지만, 가장자리 사용자의 서비스 품질을 보장할 수 있다.

[0006] 한편, 이하에서 인용되는 선행기술 문헌에는 다중 셀 협력적 무선통신 시스템에서 스케줄링 방법을 제안하고 있다. 하지만, 선행기술 문헌은 셀 가장자리에 배치된 단말기의 서비스 품질을 보장할 수 있지만 전체 시스템의 품질은 보장할 수 없다는 치명적인 단점이 존재한다.

[0007] 이와 같은 관점에서, 전체 시스템 서비스 품질을 보장하면서, 셀 가장자리 사용자의 성능도 보장할 수 있는 기술적 수단이 필요하다는 사실을 알 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 공개특허공보 제 10-2010-0064424 호 (2010.06.15)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 따라서, 본 발명이 해결하고자 하는 첫 번째 과제는 하나 이상의 단말기에 대해 유틸리티 함수 값을 이용하여 단말기를 선택하고, 선택된 단말기에서 유틸리티 함수 값을 통해 통신 방법을 선택함으로써, 전체 시스템 서비스 품질을 보장하면서 셀 가장자리 사용자의 성능도 보장할 수 있는 방법을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명이 해결하고자 하는 두 번째 과제는 하나 이상의 단말기에 대해 유틸리티 함수 값을 이용하여 단말기를 선택하고, 선택된 단말기에서 유틸리티 함수 값을 통해 통신 방법을 선택함으로써, 전체 시스템 서비스 품질을 보장하면서 셀 가장자리 사용자의 성능도 보장할 수 있는 장치를 제공하는 것이다.

[0011] 또한, 상기된 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 첫 번째 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 하나 이상의 단말기에 대해 스케줄링 기법의 적용을 결정하는 제 1 유틸리티 함수 값을 연산하는 단계; 상기 하나 이상의 단말기 중에서 프레임마다 연산된 상기 제 1 유틸리티 함수 값을 고려하여 스케줄링 대상 단말기를 선택하는 단계; 상기 선택된 단말기에 대하여 제 2 유틸리티 함수 값을 연산하며, 상기 제 2 유틸리티 함수 값을 고려하여 통신 방법을 선택하는 단계; 및 상기 통신 방법이 선택된 단말기에 대하여 서비스를 제공하는 단계를 포함하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법을 제공한다.

- [0013] 상기된 일 실시예에 따른 상기 스케줄링 대상 단말기를 선택하는 단계는, 상기 하나 이상의 단말기 중에서 프레임마다 연산된 상기 제 1 유틸리티 함수 값의 크기 순서에 기초하여 스케줄링 가능한 최대 단말기의 개수만큼 상기 스케줄링 대상 단말기를 선택하는 단계를 포함하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법일 수 있다.
- [0014] 상기된 일 실시예에 따른 상기 제 2 유틸리티 함수 값을 고려하여 선택되는 통신 방법은, 셀 가장자리 단말기의 낮은 데이터 전송률을 증가시킬 수 있는 협력적 통신(Coordinate Multi-Point: CoMP) 방법 및 셀에 배치된 모든 단말기의 데이터 전송률을 고려하는 비협력적 통신(Non-Coordinate Multi-Point: Non-CoMP) 방법 중 어느 하나가 선택되는 것을 특징으로 하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법일 수 있다.
- [0015] 상기된 일 실시예에 따른 상기 스케줄링 기법은, 시스템 수율과 단말기 간의 데이터 전송률에 대한 공평성을 고려하여 스케줄링하는 비례공정(Proportional Fair: PF) 기법인 것을 특징으로 하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법일 수 있다.
- [0016] 상기된 일 실시예에 따른 상기 스케줄링 기법은, 하나의 단말기의 데이터 전송률을 최대화하도록 스케줄링하는 최대 레이트(Maximum Rate: MR) 기법인 것을 특징으로 하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법일 수 있다.
- [0017] 상기된 일 실시예에 따른 상기 협력적 통신 방법은, 상기 협력적 통신 방법 중 조인트 프로세싱(joint processing)을 이용하여 단말기가 수신받는 신호의 크기를 증가시키며, 상기 단말기에 대한 셀 간 간섭의 크기를 감소시키는 것을 특징으로 하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법일 수 있다.
- [0018] 상기된 일 실시예에 따른 상기 하나 이상의 단말기는 다중 셀 네트워크 환경에서 어느 한 셀에 배치되는 것을 특징으로 하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법일 수 있다.
- [0019] 상기된 두 번째 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 하나 이상의 단말기에 대해 스케줄링 기법의 적용을 결정하는 제 1 유틸리티 함수 값을 연산하고, 스케줄링 대상으로 선택된 단말기에서 제 2 유틸리티 함수 값을 연산하는 유틸리티 함수 값 연산부; 상기 하나 이상의 단말기 중 프레임마다 연산된 상기 제 1 유틸리티 함수 값을 고려하여 스케줄링 대상 단말기를 선택하고, 상기 제 2 유틸리티 함수 값을 고려하여 통신 방법을 선택하는 선택부; 및 상기 통신 방법이 선택된 단말기에 대하여 서비스를 제공하는 자원할당부를 포함하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 장치를 제공한다.
- [0020] 상기된 일 실시예에 따른 상기 선택부는, 상기 하나 이상의 단말기 중에서 프레임마다 연산된 상기 제 1 유틸리티 함수 값의 크기 순서에 기초하여 스케줄링 가능한 최대 단말기의 개수만큼 상기 스케줄링 대상 단말기를 선택하는 것을 특징으로 하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 장치일 수 있다.
- [0021] 상기된 일 실시예에 따른 상기 제 2 유틸리티 함수 값을 고려하여 선택되는 통신 방법은, 셀 가장자리 단말기의 낮은 데이터 전송률을 증가시킬 수 있는 협력적 통신 방법 및 셀에 배치된 모든 단말기의 데이터 전송률을 고려하는 비협력적 통신 방법 중 어느 하나가 선택되는 것을 특징으로 하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 장치일 수 있다.
- [0022] 상기된 일 실시예에 따른 상기 스케줄링 기법은, 시스템 수율과 단말기 간의 데이터 전송률에 대한 공평성을 고려하여 스케줄링하는 비례공정 기법 및 하나의 단말기의 데이터 전송률을 최대화하도록 스케줄링하는 최대 레이트(Maximum Rate: MR) 기법 중 어느 하나가 선택되는 것을 특징으로 하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 장치일 수 있다.
- [0023] 상기된 다른 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 상기된 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 제공한다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명에 따르면, 유틸리티 함수 값을 이용하여 스케줄링을 하고 스케줄링 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 기록매체를 제공함으로써, MR 혹은 PF 스케줄링 기법을 이용하여 전체 시스템 성능을 유지하면서, 셀 가장자리 단말기의 성능을 향상시킬 수 있는 효과가 있다. 나아가, 단말기에 대한 최적의 성능을 제공하는 MR 스케줄링 기법뿐만 아니라 단말기의 공정성을 고려하는 PF 스케줄링 기법을 사용함으로써, 각각의 단말기들에게 제공되는 서비스에 대한 공정성을 보장할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예들이 채택하고 있는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법을 도시한 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 비협력적 통신과 협력적 통신을 비교하여 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 협력적 통신에서의 조인트 프로세싱을 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법을 의사 코드로 표현한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 종래의 스케줄링 방법과 본 발명이 제안하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법을 비교하여 도시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예들이 채택하고 있는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 장치를 도시한 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 본 발명의 실시예들을 설명하기에 앞서, 기존의 스케줄링 방법에서 발생하는 문제점들을 검토한 후, 이들 문제점을 해결하기 위해 본 발명의 실시예들이 채택하고 있는 기술적 수단을 개괄적으로 소개하도록 한다.
- [0027] 무선통신 시스템은 효율적인 시스템 구성을 위해 셀(cell) 구조를 갖는다. 셀이란 주파수를 효율적으로 이용하기 위하여 넓은 지역을 작은 구역으로 세분한 구역을 의미한다. 일반적으로 셀의 중심부에 기지국을 설치하여 단말을 중계하며, 셀은 하나의 기지국이 제공하는 서비스 영역을 말한다.
- [0028] 다중 셀 환경하에서 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)/OFDMA(orthogonal frequency division multiple access) 시스템의 인접하는 셀이 동일한 부반송파를 사용하게 되면, 이는 사용자들에게 간섭(interference)의 원인이 될 수 있다. 이를 셀간 간섭(inter-cell interference)이라 한다. 특히, 셀간 간섭은 셀의 경계 부근에 있는 단말에게 큰 문제가 된다. 하향링크에서 셀의 경계 부근에 있는 단말은 인접 셀로부터 강한 간섭을 받는다. 상향링크에서 셀의 경계 부근에 있는 단말은 인접 셀에 강한 간섭을 줄 뿐만 아니라, 서비스 받는 셀에서 경로 손실(Path Loss)에 의하여 낮은 전송률을 가지게 된다. 여기서, 상기 OFDM은 주파수 대역을 다수의 직교 부반송파로 분할하여 데이터를 전송하는 다중 반송파 변조 기법이며, 상기 OFDMA는 상기 OFDM에 FDMA(frequency division multiple access) 또는 TDMA(time division multiple access) 또는 CDMA(code division multiple access)를 결합하여 다중 사용자의 다중화를 제공하는 기법이다.
- [0029] 한편, 셀간 간섭을 줄이기 위하여 인접 셀간에 서로 다른 부반송파를 사용하도록 할 수 있으나, 이에 따르면 하나의 기지국이 사용할 수 있는 무선자원이 줄어드는 문제가 있다. 따라서, 다중 셀 네트워크에서 사용자의 자원 관리의 중요성이 강조됨에 따라 다중 셀 네트워크에서 사용자의 자원 관리 기법에 관한 연구가 활발히 진행 중이다. 또한, 다운 링크 멀티 셀에서 사용자를 선택하는 알고리즘 혹은 다양한 방법을 이용하여 사용자의 성능을 계산하는 연구 또한 진행 중이나 다중 셀 네트워크의 간섭을 다 고려하여 전송률을 계산하면 단일 셀 네트워크에 비해 복잡도가 증가하여 실제 네트워크에 적용시키기 어려움이 존재한다. 또한, 단일 셀에 비해 다수의 간섭 경로에 의해 셀 가장자리 사용자가 낮은 성능을 가지는 문제점이 발생하였다. 따라서, 셀 가장자리 사용자의 낮은 성능을 높이기 위해서 협력적 통신(CoMP: Coordinated Multi-Point)을 사용하여 종래의 문제점을 극복하고자 하였다. 하지만, 상기 협력적 통신 역시 서비스 받는 사용자 성능은 증가하지만 전체 네트워크 성능은 감소한다는 치명적인 단점이 존재한다.
- [0030] 따라서, 본 발명의 실시예들은 다중 셀 네트워크에서 전체 네트워크의 성능을 보장하고, 셀 가장자리 사용자의 전송률을 향상시키면서 사용자 공정성 또한 보장할 수 있는 기술적 수단을 제안하고자 한다.
- [0031] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 구체적으로 설명하도록 한다. 다만, 하기의 설명 및 첨부된 도면에서 본 발명의 요지를 흐릴 수 있는 공지 기능 또는 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 또한, 도면 전체에 걸쳐 동일한 구성 요소들은 가능한 한 동일한 도면 부호로 나타내고 있음에 유의하여야 한다.
- [0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예들이 채택하고 있는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법을 도시한 흐름도로서, 하나 이상의 단말기에 대해 스케줄링 기법의 적용을 결정하는 제 1 유틸리티 함수 값을 연산하고, 상기 하나 이상의 단말기 중에서 프레임마다 연산된 상기 제 1 유틸리티 함수 값을 고려하여 스케줄링 대상 단말기를 선택하고, 상기 선택된 단말기에서 제 2 유틸리티 함수 값을 연산하며, 상기 제 2 유틸리티 함수 값을 고려하여 통신 방법을 선택함으로써, 상기 통신 방법이 선택된 단말기에 대하여 서비스를 제공한다.
- [0033] 보다 구체적으로, S110 단계에서 하나 이상의 단말기에 대해 스케줄링 기법의 적용을 결정하는 제 1 유틸리티 함수 값을 연산한다. 여기서, 상기 스케줄링 기법은 시스템 수율과 단말기 간의 데이터 전송률에 대한 공정성을 고려하여 스케줄링하는 비례공정(Proportional Fair: PF) 기법일 수 있다. 다시 말해, 단말기 간의 공정성을 보장할 수 있는 PF 기법을 적용할 경우, 상기 제 1 유틸리티 함수 값이 최대가 되도록 시스템상에 존재하는 단말

기에 대한 스케줄링을 수행할 수 있다. 여기서, 상기 제 1 유틸리티 함수 값은 다음과 같이 표현할 수 있다.

수학식 1

$$k^*(t) = \arg \max_k \frac{R_{i,k}(t)}{\overline{R_{i,k}}(t)}$$

여기서, k^* 는 선택된 단말기의 인덱스, K 는 전체 단말기의 수, $\overline{R_{i,k}}(t)$ 는 i 번째 프레임에서 k 번째 기지국이 서비스하는 k 번째 단말기의 평균 데이터 전송률일 수 있다.

또한, 상기 스케줄링 기법은 하나의 단말기의 데이터 전송률을 최대화하도록 스케줄링하는 최대 레이트(Maximum Rate: MR) 기법일 수도 있다. 상기 MR 기법에서의 제 1 유틸리티 함수 값은 다음과 같이 표현할 수 있다.

수학식 2

$$k^*(t) = \arg \max_k R_{i,k}(t)$$

여기서, $R_{i,k}(t)$ 는 i 번째 프레임에서 i 번째 기지국이 서비스하는 k 번째 단말기의 순간 데이터 전송률일 수 있다. 하지만, 상기 MR 기법은 하나의 단말기의 데이터 전송률을 최대화할 수 있지만, 단말기 간의 공정성은 보장할 수는 없다. 반면, 상기 PF 기법은 수학식 1을 통해 단말기 간의 공정성을 보장할 수 있다.

S120 단계에서, 상기 하나 이상의 단말기 중에서 프레임마다 연산된 상기 제 1 유틸리티 함수 값을 고려하여 스케줄링 대상 단말기를 선택한다.

보다 구체적으로, 상기 하나 이상의 단말기 중에서 프레임마다 연산된 상기 제 1 유틸리티 함수 값의 크기 순서에 기초하여 스케줄링 가능한 최대 단말기의 개수만큼 상기 스케줄링 대상 단말기를 선택할 수 있다. 다시 말해, 상기 하나 이상의 단말기 각각에서 프레임마다 연산된 제 1 유틸리티 함수 값을 비교함으로써, 제 1 유틸리티 함수 값이 가장 큰 단말기 순으로 스케줄링 대상 단말기를 선택할 수 있다.

S130 단계에서, 상기 선택된 단말기에서 제 2 유틸리티 함수 값을 연산하며, 상기 제 2 유틸리티 함수 값을 고려하여 통신 방법을 선택한다.

보다 구체적으로, 상기 선택된 단말기에 대해서 협력적 통신 혹은 비협력적 통신 시스템의 적용과 연관된 유틸리티 함수 값을 연산할 수 있다. 여기서, 상기 협력적 통신 및 비협력적 통신은 도 2에서와 같이 셀 가장자리 단말기의 낮은 데이터 전송률을 증가시킬 수 있는 협력적 통신(Coordinate Multi-Point: CoMP) 방법(22) 및 셀에 배치된 모든 단말기의 데이터 전송률을 고려하는 비협력적 통신(Non-Coordinate Multi-Point: Non-CoMP) 방법(21) 중 어느 하나가 선택될 수 있다.

또한, 상기 선택된 단말기는 제 2 유틸리티 함수 값에 기초하여 상기 협력적 통신 및 비협력적 통신에 관해 동적으로 통신 방법을 선택할 수 있으며, 상기 제 2 유틸리티 함수 값은 다음과 같이 표현할 수 있다.

수학식 3

$$R_k^*(t) = \max R_{i,k}^{NC}(t), \frac{1}{2} R_{i,k}^C(t)$$

- [0045] 여기서, $R_{i,k}^*(t)$ 는 k 번째 프레임에서 수율 최대화를 위해 선택된 k^* 번째 단말기가 선택한 통신 시스템을 결정해주는 제 2 유틸리티 함수일 수 있다. 또한, $R_{i,k}^{NC}(t)$ 는 비협력적 통신 네트워크에서 k 번째 단말기의 전송률이고, $R_{i,k}^C(t)$ 는 협력적 통신 네트워크에서 k 번째 단말기의 전송률일 수 있다.
- [0046] 따라서, S120 단계에서 스케줄링 대상으로 선택된 단말기는 수학적 식 3을 통해 $R_{i,k}^{NC}(t)$ 와 $R_{i,k}^C(t)$ 의 값을 비교하여 보다 큰 값을 포함하는 통신 방법을 동적으로 선택할 수 있다.
- [0047] 한편, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 협력적 통신에서의 조인트 프로세싱을 도시한 도면으로서, 상기 협력적 통신 방법은, 상기 협력적 통신 방법 중 조인트 프로세싱(joint processing)을 이용하여 단말기(33)가 기지국으로부터 수신받는 신호의 크기를 증가시키며, 단말기(33)에 대한 셀 간 간섭의 크기를 감소시킬 수 있다.
- [0048] 이제 다시 도 1로 돌아가 S130 단계 이후를 설명하도록 한다.
- [0049] S140 단계에서, 상기 통신 방법이 선택된 단말기에 대하여 서비스를 제공한다.
- [0050] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법을 의사 코드로 표현한 도면으로서, 앞서 기술한 도 1의 각 과정에 대응하는 구성을 포함한다. 따라서, 여기서는 도 1의 상세한 설명으로 대신하도록 한다.
- [0051] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 종래의 스케줄링 방법과 본 발명이 제안하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법을 비교하여 도시한 도면이다.
- [0052] 보다 구체적으로 도 5에서 상단의 그래프(51)는 도 1의 S110 단계에서 MR 스케줄링 기법을 선택하여 단말기를 선별하였을 경우이며, S130 단계에서 비협력적 통신을 선택했을 경우의 데이터 전송률은 S130 단계에서 협력적 통신을 선택했을 경우의 데이터 전송률에 비하여 큰 것을 알 수 있다.
- [0053] 또한, 도 5에서 중간의 그래프(52)는 도 1의 S110 단계에서 PF 스케줄링 기법을 선택하여 단말기를 선별하였을 경우이며, 비협력적 통신에서 단말기 데이터 전송률은 협력적 통신 사용자 데이터 전송률보다 크지만 셀 가장자리 단말기는 협력적 통신 네트워크의 데이터 전송률이 더 큰 것을 알 수 있다.
- [0054] 또한, 도 5에서 하단의 그래프(53)는 단말기 숫자에 따른 데이터 전송률을 그래프로 표현한 것이며, MR 스케줄링 기법의 경우 성능 향상이 없지만, PF 스케줄링 기법의 경우 유틸리티 함수가 기존 네트워크에 비해 성능이 향상된 것을 알 수 있다.
- [0055] 따라서, 제안하는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 방법은 셀 가장자리 단말기의 데이터 전송률을 증가시키고 전체 시스템 수율을 보장할 수 있는 것을 알 수 있다.
- [0056] 도 6은 본 발명의 일 실시예들이 채택하고 있는 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 장치를 도시한 블록도로서, 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 장치(60)는 앞서 기술한 도 1의 각 과정에 대응하는 구성을 포함한다. 따라서, 여기서는 설명의 중복을 피하기 위해 시스템의 세부구성을 중심으로 그 기능을 약술하도록 한다.
- [0057] 유틸리티 함수 값 연산부(61)는 하나 이상의 단말기에 대해 스케줄링 기법의 적용을 결정하는 제 1 유틸리티 함수 값을 연산하고, 스케줄링 대상으로 선택된 단말기에서 제 2 유틸리티 함수 값을 연산한다.
- [0058] 선택부(62)는 상기 하나 이상의 단말기 중 프레임마다 연산된 상기 제 1 유틸리티 함수 값을 고려하여 스케줄링 대상 단말기를 선택하고, 상기 제 2 유틸리티 함수 값을 고려하여 통신 방법을 선택한다.
- [0059] 자원할당부(63)는 상기 통신 방법이 선택된 단말기에 대하여 서비스를 제공한다.
- [0060] 또한, 선택부(62)는 상기 하나 이상의 단말기 중에서 프레임마다 연산된 상기 제 1 유틸리티 함수 값의 크기 순서에 기초하여 스케줄링 가능한 최대 단말기의 개수만큼 상기 스케줄링 대상 단말기를 선택할 수 있다.
- [0061] 또한, 상기 제 2 유틸리티 함수 값을 고려하여 선택되는 통신 방법은, 셀 가장자리 단말기의 낮은 데이터 전송률을 증가시킬 수 있는 협력적 통신 방법 및 셀에 배치된 모든 단말기의 데이터 전송률을 고려하는 비협력적 통신 방법 중 어느 하나가 선택될 수 있다.

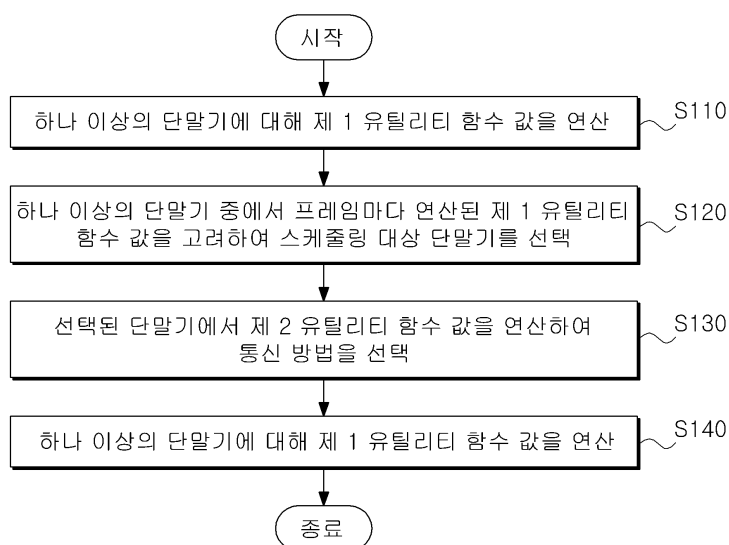
- [0062] 또한, 상기 스케줄링 기법은, 시스템 수율과 단말기 간의 데이터 전송률에 대한 공정성을 고려하여 스케줄링하는 비례공정(Proportional Fair: PF) 기법 및 하나의 단말기의 데이터 전송률을 최대화하도록 스케줄링하는 최대 레이트(Maximum Rate: MR) 기법 중 어느 하나가 선택될 수 있다.
- [0063] 상기된 본 발명에 따르면, 다중 셀 환경에서 전체 시스템 성능을 유지하면서 가장자리 단말기의 성능을 향상시키는 유틸리티 함수 값을 이용하여 스케줄링을 수행함으로써, MR 혹은 PF 스케줄링 기법을 이용하여 전체 시스템 성능을 유지하면서, 가장자리 단말기의 성능을 향상시킬 수 있다. 또한, 최적의 성능을 제공하는 MR 스케줄링 기법뿐만 아니라 단말기의 공정성을 고려하는 PF 스케줄링 기법을 사용함으로써, 단말기가 공정하게 서비스할 수 있는 단말기의 공정성을 보장할 수 있다.
- [0064] 한편, 본 발명의 실시예들은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록 장치를 포함한다.
- [0065] 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광 데이터 저장장치 등을 포함한다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다. 그리고 본 발명을 구현하기 위한 기능적인(functional) 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 발명이 속하는 기술 분야의 프로그래머들에 의하여 용이하게 추론될 수 있다.
- [0066] 이상에서 본 발명에 대하여 그 다양한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명에 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

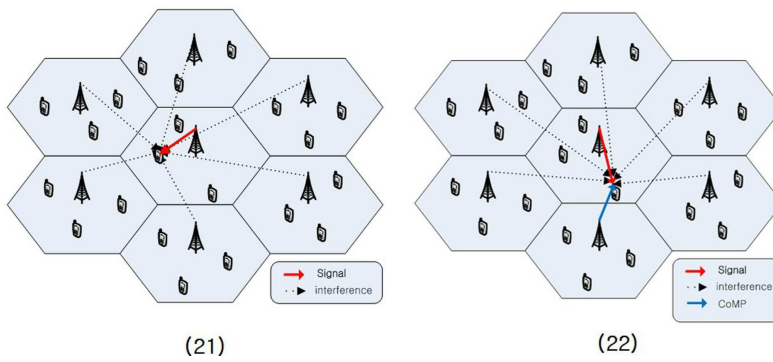
- [0067] 60 : 유틸리티 함수 기반의 스케줄링 장치
61 : 유틸리티 함수 값 연산부
62 : 선택부
63 : 자원할당부

도면

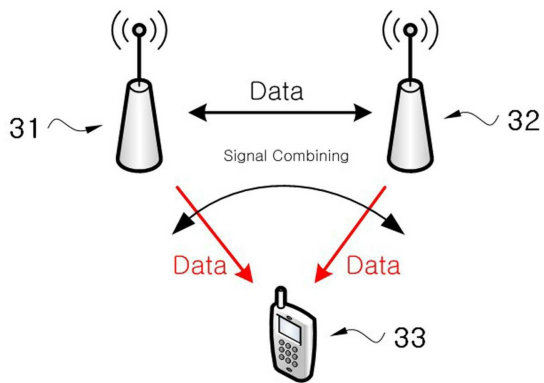
도면1



도면2



도면3



도면4

```

Initialize
for  $t = 1$  to  $T$ 
    for  $k = 1$  to  $K$ 
        
$$R_k(t) = \max_k \left( R_k^{Non-CoMP}(t), \frac{1}{2} R_k^{CoMP}(t) \right)$$

    end

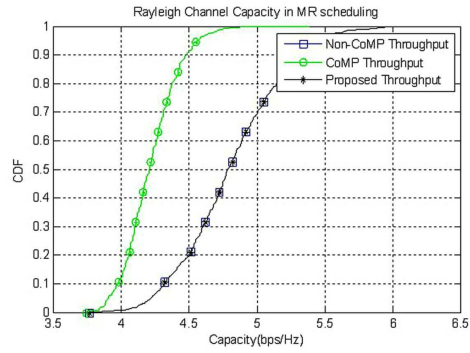
    for  $k = 1$  to  $K$ 
        case1 : MR scehduling
            
$$k^*(t) = \arg \max_k R_{i,k}(t)$$

        case2 : PF scehduling
            
$$k^*(t) = \arg \max_k \frac{R_{i,k}(t)}{\bar{R}_{i,k}(t)}$$

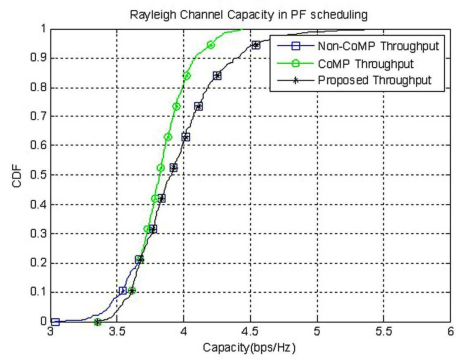
        end
    end
end
return  $R_{i,k^*}(t)$ 

```

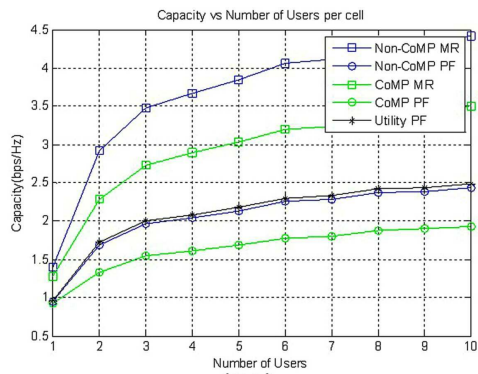
도면5



(51)



(52)



(53)

도면6

