



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0023977
(43) 공개일자 2012년03월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 27/26 (2006.01) H04J 11/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0086436
(22) 출원일자 2010년09월03일
심사청구일자 2010년09월03일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
장경희
인천광역시 남구 소성로 71 (용현동, 인하대학교)
왕우봉
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 하이테크 433호 (용현동)
(74) 대리인
특허법인무한

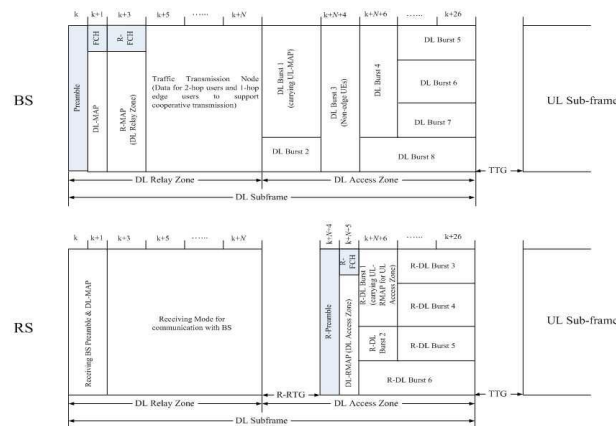
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 이중 QoS 요구를 만족하는 시스템 유틸리티 최대화를 위한 2홉 조정 스케줄링 방법 및 프레임 구조

(57) 요약

이중 QoS 요구를 만족하는 시스템 유틸리티 최대화를 위한 2-홉 조정 스케줄링 방법 및 프레임 구조가 개시된다. 2-홉 조정 스케줄링 방법은, DL 릴레이 영역(down link relay zone)과 기지국(base station)에서 중계국(relay station)으로 릴레이 된 트래픽을 전송하는 단계; 및 DL 액세스 영역(down link access zone)을 통해 기지국에 대응되는 프레임에서 기지국으로부터 1-홉(single-hop) 사용자에게 트래픽을 전송하고, 중계국에 대응되는 프레임에서 중계국으로부터 2-홉(two-hop) 사용자에게 트래픽을 전송하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 R01-2008-000-20333-0

부처명 교육과학기술부

연구사업명 특정기초연구지원사업

연구과제명 다중안테나 이동통신시스템에서의 Cognitive Relay 적용을 위한 무선전송시스템 최적설계
및 용량분석

주관기관 한국과학재단

연구기간 2008.09.01 ~ 2011.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 방식의 무선 통신 시스템에서 인밴드(in-band) 릴레이 방식을 통해 통신을 수행하기 위한 2-홉 조정 스케줄링 방법에 있어서,

상기 무선 통신 시스템은 하향 링크를 기반으로 DL 릴레이 영역(down link relay zone)과 DL 액세스 영역(down link access zone)으로 구성된 프레임 구조를 가지며,

상기 2-홉 조정 스케줄링 방법은,

상기 DL 릴레이 영역을 통해 기지국(base station)에서 중계국(relay station)으로 릴레이 된 트래픽을 전송하는 단계; 및

상기 DL 액세스 영역을 통해 상기 기지국 또는 상기 중계국으로부터 사용자에게 트래픽을 전송하는 단계를 포함하는 OFDMA 시스템의 2-홉 조정 스케줄링 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 사용자에게 트래픽을 전송하는 단계는,

상기 기지국에 대응되는 프레임을 통해 상기 기지국으로부터 1-홉(single-hop) 사용자에게 트래픽을 전송하고,

상기 중계국에 대응되는 프레임을 통해 상기 중계국으로부터 2-홉(two-hop) 사용자에게 트래픽을 전송하는 것을 특징으로 하는 OFDMA 시스템의 2-홉 조정 스케줄링 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 기지국에 대응되는 프레임을 통해 트래픽을 전송하는 단계는,

상기 1-홉 사용자와 상기 중계국에게 프리앰블(preamble)을 전송하는 단계;

FCH(Frame Control Header), R-FCH(Relay Frame Control Header), 1-홉 사용자에게 대한 DL-MAP(Down Link resource mapping information), 상기 중계국에 대한 R-MAP(Down Link resource mapping information)를 포함하는 컨트롤 정보를 전송하는 단계;

상기 DL 릴레이 영역에서 상기 2-홉 사용자를 위한 릴레이 된 트래픽을 전송하는 단계; 및

상기 DL 액세스 영역에서 상기 1-홉 사용자를 위한 트래픽을 전송하는 단계를 포함하는 OFDMA 시스템의 2-홉 조정 스케줄링 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 중계국에 대응되는 프레임을 통해 트래픽을 전송하는 단계는,

상기 DL 릴레이 영역을 통해 상기 기지국으로부터 1-홉 경계 지역의 사용자와 상기 2-홉 사용자에게 트래픽을 수신하는 단계;

상기 DL 릴레이 영역에 수신모드와 전송모드를 식별하는 R-RTG(Relay Receive to Transmit Guard interval)을 삽입하는 단계;

상기 DL 액세스 영역에서 상기 1-홉 경계 지역의 사용자와 상기 2-홉 사용자에게 프리앰블을 전송하는 단계; 및

상기 1-홉 경계 지역의 사용자와 상기 2-홉 사용자에게 트래픽을 전송하는 단계

를 포함하는 OFDMA 시스템의 2-홉 조정 스케줄링 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 중계국은,

릴레이 전송 방식인 넌트랜스페런트(non-transparent) 방식의 중계국을 사용하는 것

을 특징으로 하는 OFDMA 시스템의 2-홉 조정 스케줄링 방법.

청구항 6

OFDMA 방식의 무선 통신 시스템에서 인밴드 릴레이 방식을 통해 통신을 수행하기 위한 프레임 구조에 있어서,

기지국에서 중계국으로 릴레이 된 트래픽을 전송하는 DL 릴레이 영역; 및

상기 기지국 또는 상기 중계국으로부터 사용자에게 트래픽을 전송하는 DL 액세스 영역

을 포함하고,

상기 DL 액세스 영역은,

상기 기지국에 대응되는 프레임인 경우 상기 기지국으로부터 1-홉 사용자에게 트래픽을 전송하고,

상기 중계국에 대응되는 프레임인 경우 상기 중계국으로부터 2-홉 사용자에게 트래픽을 전송하는 것

을 특징으로 하는 OFDMA 시스템의 프레임 구조.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 이중 QoS 요구를 만족하는 무선 통신 시스템의 유틸리티를 향상시킬 수 있는 하향 링크를 위한 2-홉 조정 스케줄링 알고리즘에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 방식의 무선 통신 시스템은 기본적으로 직교 주파수 분할 다중 방식에 근간한 방식으로 멀티-캐리어(Multi-Carrier)를 사용하여 데이터를 전송하는 방식을 사용한다. 따라서 직교 주파수 분할 다중 방식은 직렬로 입력되는 심벌(Symbol) 열을 병렬 변환하여 이들 각각을 상호 직교성을 갖는 다수의 서브 캐리어(sub-carrier)들, 즉 다수의 서브 캐리어 채널(sub-carrier channel)들로 변조하여 전송하는 멀티캐리어 변조(Multi Carrier Modulation) 방식의 일종이다.

[0003] OFDMA 방식의 무선 통신 시스템에서 전체적인 시스템의 수율과 커버리지를 증가시키기 위해 시스템 설치 비용이 적은 RS(Relay Station)를 통한 릴레이 기술을 사용한다. 기지국(BS)과 사용자 간의 링크와 RS를 통한 릴레이 링크 사이의 듀플렉싱(duplexing) 방식에 따라 릴레이 무선 통신은 인밴드(inband) 릴레이와 아웃밴드(outband) 릴레이 두 가지 방식으로 구분된다. 인밴드 릴레이의 경우, 두 링크 간에 주파수는 같지만 다른 시간 슬롯을 사용하는 시분할 방식이며, 아웃밴드 릴레이의 경우, 시간 슬롯은 같지만 다른 주파수를 사용하는 주파수 분할 방식이다. 그리고, RS는 릴레이 전송 방식인 넌트랜스페런트(Non-transparent) RS와 협력(cooperative) 전송 방식인 트랜스페런트(Transparent) RS로 나누어진다. 넌트랜스페런트 RS는 주로 커버리지 확장이나 서비스 영역의 커버리지 holes을 지원하기 위하여 사용되고, 트랜스페런트 RS는 전체적인 시스템의 수율을 향상시키기 위하여 사용된다.

[0004] 도 1과 도 2는 RS(relay station)를 사용한 싱글 셀 레이아웃을 도시한 것이다.

[0005] 넌트랜스페런트(Non-transparent) RS는 상위 스테이션(super-ordinate station)의 커버리지(coverage) 경계 지역에 배치되어 시스템 성능 향상과 더불어 커버리지를 확장시켜 배치비용을 감소시킨다. 여기서, BS(base station)는 2-홉(two-hop) 시스템에서 RS의 상위 스테이션이 된다.

[0006] 도 1을 참조하면, 2-홉 OFDMA 시스템에서 모든 사용자는 1-홉과 2-홉 전송 범위 안에 있어야 한다. 사용자가

BS에서 프리앰블(preamble), FCH(frame control header), 맵(resource mapping)와 같은 제어 정보를 받으면 1-홉 사용자로 간주하고, RS로부터 제어 정보를 받는다면 2-홉 사용자로 간주한다. BS와 네트워크 RS 경계 지역에 위치한 사용자들의 성능을 향상시키기 위하여 T-MAC(transmit maximal-radio-combining)와 같은 협력(cooperative) 전송 기법을 사용할 수 있다.

[0007] 도 2를 참조하면, 4-홉 OFDMA 시스템에서 RS는 커버리지 내 사용자와 RS를 관리하여 마치 BS처럼 동작하게 된다. 예를 들어, 분산된 RRM(radio resource management) 알고리즘에서 BS는 RS1과 1-홉 사용자들을 관리하고, RS1은 RS2와 2-홉 사용자를 관리하게 된다. 마찬가지로, RS2는 RS3와 3-홉 사용자들을, RS3는 4-홉 사용자들만 관리한다. 이와는 반대로 중앙 RRM 알고리즘에서는 BS에서 모든 RS와 사용자들을 관리하게 된다.

[0008] 다중-홉(multi-hop) OFDMA 시스템에서는 직접(direct) 전송과 릴레이 전송 간 듀플렉싱 방법에 따라 릴레이 프레임 구조가 달라진다. 하드웨어의 복잡성 개선과 시스템 배치 비용 절감을 위하여 직접 전송과 릴레이 전송과 같은 반송 주파수를 이용하여 다른 OFDM 심볼을 전송하는 인밴드(in-band) 릴레이 시스템이 일반적으로 고려된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 네트워크 RS를 사용하는 다중-홉 OFDMA 시스템에서 TDD(Time Division Duplex) 방식을 기반으로 하는 하향링크 인밴드 릴레이 프레임 구조를 제공한다.

[0010] 3GPP(3rd Generation Partnership Project) LTE(Long Term Evolution)-A와 IEEE 802.16j 같은 다른 방식의 TDD 기반 인밴드 다중-홉 OFDMA 시스템에 쉽게 적용할 수 있는 프레임 구조를 제공한다.

[0011] 2-홉 OFDMA 시스템에서의 무선 자원 관리를 위하여 이중 QoS 요구를 만족하면서 무선 통신 시스템의 유틸리티(utility)를 최대화할 수 있는 반복적인 조정(coordinated) 스케줄링 알고리즘을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0012] DL 릴레이 영역(down link relay zone)과 기지국(base station)에서 중계국(relay station)으로 릴레이 된 트래픽을 전송하는 단계; 및 DL 액세스 영역(down link access zone)을 통해 기지국에 대응되는 프레임에서 기지국으로부터 1-홉(single-hop) 사용자에게 트래픽을 전송하고, 중계국에 대응되는 프레임에서 중계국으로부터 2-홉(two-hop) 사용자에게 트래픽을 전송하는 단계를 포함하는 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 시스템의 2-홉 조정 스케줄링 방법이 제공된다.

[0013] 일측에 따르면, 기지국에 대응되는 프레임에서 트래픽을 전송하는 단계는, 1-홉 사용자와 중계국에게 프리앰블(preamble)을 전송하는 단계; FCH(Frame Control Header), R-FCH(Relay Frame Control Header), 1-홉 사용자에게 대한 DL-MAP(Down Link resource mapping information), 중계국에 대한 R-MAP(Down Link resource mapping information)를 포함하는 컨트롤 정보를 전송하는 단계; DL 릴레이 영역에서 2-홉 사용자를 위한 릴레이 된 트래픽을 전송하는 단계; 및 DL 액세스 영역에서 1-홉 사용자를 위한 트래픽을 전송하는 단계를 포함한다.

[0014] 다른 측면에 따르면, 중계국에 대응되는 프레임에서 트래픽을 전송하는 단계는, DL 릴레이 영역을 통해 기지국으로부터 1-홉 경계 지역의 사용자와 2-홉 사용자에게 트래픽을 수신하는 단계; DL 릴레이 영역에 수신모드와 전송모드를 식별하는 R-RTG(Relay Receive to Transmit Guard interval)를 삽입하는 단계; DL 액세스 영역에서 1-홉 경계 지역의 사용자와 2-홉 사용자에게 프리앰블을 전송하는 단계; 및 1-홉 경계 지역의 사용자와 2-홉 사용자에게 트래픽을 전송하는 단계를 포함한다.

[0015] 기지국에서 중계국으로 릴레이 된 트래픽을 전송하는 DL 릴레이 영역; 및 기지국 또는 중계국으로부터 사용자에게 트래픽을 전송하는 DL 액세스 영역을 포함하고, DL 액세스 영역은 기지국에 대응되는 프레임인 경우 기지국으로부터 1-홉 사용자에게 트래픽을 전송하고, 중계국에 대응되는 프레임인 경우 중계국으로부터 2-홉 사용자에게 트래픽을 전송하는 OFDMA 시스템의 프레임 구조가 제공된다.

발명의 효과

[0016] 네트워크 RS를 사용하는 다중-홉 OFDMA 시스템에서 TDD(Time Division Duplex) 방식을 기반으로 하는 새로운 구조의 하향링크 인밴드 릴레이 프레임을 제공할 수 있다.

[0017] 3GPP(3rd Generation Partnership Project) LTE(Long Term Evolution)-A와 IEEE 802.16j 같은 다른 방식의 TDD 기반 인밴드 다중-홉 OFDMA 시스템에 쉽게 적용할 수 있는 프레임 구조를 제공할 수 있다.

[0018] 네트워크스패런트 RS를 이용한 하이브리드 배치를 통해 이중 QoS 요구를 만족하면서 2-홉 OFDMA 시스템에서의 유틸리티(utility)를 최대화할 수 있다. 다시 말해, 시스템의 커버리지를 확장시킴과 동시에 더 많은 사용자들을 수용할 수 있게 하고, RS의 낮은 가격으로 인하여 시스템의 배치비용도 감소시키는 이점을 가져올 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1과 도 2는 RS(relay station)를 사용한 싱글 셀 레이아웃을 도시한 것이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, OFDMA 방식을 기반으로 하는 2-홉 M-WiMAX 시스템을 위한 TDD 기반 하향 링크 인밴드 릴레이 프레임 구조를 도시한 것이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, 다중-홉 M-WiMAX 시스템을 위한 하향 링크 서브 프레임 구조를 도시한 것이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, 반복적인 조정 스케줄링 알고리즘에 대한 절차를 나타내는 의사 코드(pseudo code)를 도시한 것이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서, BS-ICSA와 2-홉 ICSA를 각각 1-홉과 2-홉 시스템에 사용하였을 경우, 1-홉 시스템 대비 2-홉 시스템의 평균 셀 전체 유틸리티 향상 비율을 도시한 것이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, 싱글-홉 시스템의 area spectrum 효율성을 나타내는 도면이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 있어서, RS 위치에 따른 싱글-홉 시스템 대비 2-홉 시스템의 area spectrum 효율성의 증가 비율을 나타내는 도면이다.

도 9 내지 도 11은 본 발명의 일실시예에 있어서, 1-홉 M-WiMAX 시스템과 네트워크스패런트 RS를 사용한 2-홉 M-WiMAX 시스템간 수신 데이터율에 따른 CDF(누적분포함수) 비교 결과 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0021] 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, OFDMA 방식을 기반으로 하는 2-홉 M-WiMAX(Mobile-Worldwide Interoperability for Microwave Access) 시스템을 위한 TDD 기반 하향링크 인밴드 릴레이 프레임 구조를 도시한 것이다.

[0022] 프레임 구조는 시스템의 최대 홉 수에 따라 2-홉 프레임 구조와 다중-홉 프레임 구조로 분류한다. BS 프레임과 RS 프레임은 서로 다른 프레임 구조를 가지고 있으며, 각 프레임은 DL 릴레이 영역(down link relay zone)과 DL 액세스 영역(down link access zone)으로 구성된다.

[0023] DL 릴레이 영역은 BS에서 RS로 릴레이 된 트래픽(traffic) 전송을 하고, DL 액세스 영역의 경우 BS 프레임에서는 BS에서 1-홉 사용자에게 트래픽 전송을 하며 RS 프레임에서는 RS로부터 2-홉 사용자에게 트래픽 전송을 한다.

[0024] BS 프레임의 전송은 다음과 같은 순서로 진행된다.

[0025] (1) BS는 동기화 채널 추정을 위하여 1-홉 사용자와 네트워크스패런트 RS에게 프리앰블을 보낸다.

[0026] (2) FCH(Frame Control Header), R-FCH(Relay Frame Control Header), 1-홉 사용자에게 대한 DL-MAP(Down Link resource mapping information), RS에 대한 R-MAP(Down Link resource mapping information)과 같은 컨트롤 정보들을 전송한다.

[0027] (3) DL 릴레이 영역에서 2-홉 사용자를 위한 릴레이 된 트래픽을 전송한다.

[0028] (4) DL 액세스 영역에서 1-홉 사용자를 위한 트래픽을 전송한다.

[0029] 여기서, 파라미터 N은 BS에서 RS 링크의 데이터율과 릴레이 된 트래픽의 양을 바탕으로 정해지게 된다.

[0030] 또한, RS 프레임의 전송 절차는 다음과 같다.

- [0031] (1) RS는 BS로부터 1-홉 경계 지역 사용자와 2-홉 사용자에게 대한 트래픽을 DL 릴레이 영역을 통해 받는다.
- [0032] (2) DL 릴레이 영역의 끝부분에 수신모드와 전송모드를 식별할 수 있는 R-RTG(Relay Receive to Transmit Guard interval)을 삽입한다.
- [0033] (3) DL 액세스 영역에서 RS는 1-홉 경계 지역 사용자와 2-홉 사용자에게 대한 동기화 채널 추정을 위한 프리앰블을 전송한다.
- [0034] (4) 프리앰블을 전송한 후, 제어정보와 1-홉 경계 지역 사용자와 2-홉 사용자를 위한 트래픽을 전송한다.
- [0035] 일실시예에 따른 OFDMA 기반 무선 통신 시스템의 프레임 구조에서 1-홉 경계지역 사용자들의 수신 데이터율을 향상시키기 위해 BS 프레임 구조와 RS 프레임 구조의 DL 액세스 영역에서 협력(cooperative) 전송을 지원한다. 1-홉 경계 지역 사용자를 위한 협력 전송의 경우, RMI(resource mapping information)은 BS로부터 전송된 DL-MAP 안에 포함되어 있으며, RS도 1-홉 경계 지역 사용자를 위해 BS와 같은 리소스 매핑(resource mapping)을 따르게 된다.
- [0036] 도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, 다중-홉 M-WiMAX 시스템을 위한 하향 링크 서브 프레임 구조를 도시한 것이다.
- [0037] 도 4에 도시한 바와 같이, 다중-홉 시스템에서 홉 간의 트래픽을 릴레이 하기 위해서는 프레임 구조를 다르게 설계해야 한다. BS와 RS들은 다중-홉의 수와 그 위치에 따라 동작이 달라지는데, 도 2의 4-홉 시스템을 예로 들어 설명하면, 4-홉 시스템에서 DL 릴레이 영역의 홀수 번째 프레임은 BS에서 RS1로, RS2에서 RS3으로 트래픽을 전송하고, 짝수 번째 프레임은 RS1에서 RS2로 전송한다. 이때, BS와 RS3은 RS로 전송을 할 수 없기 때문에 DL 릴레이 영역 동안 DL 액세스 영역처럼 커버리지 내의 사용자들에게 트래픽을 전송하게 된다. RS3은 짝수 프레임 동안 R-RTG가 필요 없으며, 도 4의 프레임 구조처럼 DL 액세스 영역 처음 부분에 프리앰블과 제어정보를 보낸다.
- [0038] 도 3과 도 4를 바탕으로, 싱글-홉 M-WiMAX 프레임 구조와 다중-홉 M-WiMAX 프레임 구조의 차이점을 간단히 알 수 있다. 싱글-홉 M-WiMAX 프레임 구조는 RS 프레임 구조와 릴레이 영역이 없으며, 따라서 멀티-홉 프레임 구조에서의 릴레이 영역은 싱글-홉 M-WiMAX 시스템에서 액세스 영역으로 대체되고, 사용자에게 트래픽을 전송하는데 사용된다.
- [0039] 일반적인 주파수 재사용 방식을 사용한 다중-홉 시스템에서 사용자는 BS 뿐만 아니라 RS로부터도 셀 간 간섭을 받게 되므로, BS와 RS 모두 전력 할당을 고려해야 한다. 따라서, 각 섹터 내에서 사용자들의 위치와 본 발명의 일실시예에 따른 프레임 구조를 고려하여, 섹터들은 다음과 같이 2개의 범주로 분류할 수 있다.
- [0040] (1) BS와 RS가 1-홉 경계지역 사용자들에게 협력 전송을 하는 섹터
- [0041] (2) BS는 1-홉 사용자에게 데이터를 전송하고, RS는 2-홉 사용자에게 데이터를 전송하는 섹터
- [0042] 2-홉 시스템에서 최적화 문제는 수학식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$\left\{ \begin{array}{l} \arg \max_{\substack{k_m^n \in K, \\ k_{m,l,2-hop} \in K_{2-hop}}} \underbrace{\sum_{m=1}^{M_{coop}} \sum_{n=1}^N \frac{R_{m,k_m^n}^n(\mathbf{P}_{2-hop}^n)}{R_{req}(k_m^n)} + \sum_{m=M_{coop}+1}^M \sum_{n=1}^N \frac{R_{m,k_m^n}^n(\mathbf{P}_{2-hop}^n)}{R_{req}(k_m^n)} + \sum_{m=M_{coop}+1}^M \sum_{l=1}^{M_{RS}} \sum_{n=1}^N \frac{R_{m,l,k_{m,l,2-hop}^n}^n(\mathbf{P}_{2-hop}^n)}{R_{req}(k_{m,l,2-hop}^n)}}_{U_{2-hop}(\mathbf{P}_{2-hop}, \mathbf{K}, \mathbf{K}_{2-hop})} \\ \text{s.t.} \quad \sum_{n=1}^N P_m^n \leq P_{max} \quad m=1, 2, \dots, M \\ \sum_{n=1}^N P_{RS_l}^n \leq P_{RS,max} \quad l=1, 2, \dots, M \times M_{RS} \end{array} \right.$$

[0043]

[0044] 여기서, M_{coop} 은 본 발명의 일실시예에 따른 프레임 구조의 DL 협력 전송 영역(down link cooperative transmission zone)에 있는 섹터의 수이며, M_{RS} 는 섹터 당 배치된 RS의 수이고,

$\mathbf{P}_{2\text{-hop}}^n \square [\mathbf{P}_{2\text{-hop}}^n, \mathbf{P}_{\text{RS}}^n]$, $\mathbf{P}_{\text{RS}}^n \square [P_{\text{RS}_1}^n, P_{\text{RS}_1}^n, \dots, P_{\text{RS}_{M \times M_{\text{RS}}}}^n]$ 이다. k_m^n 와 $k_{m,l,2\text{-hop}}^n$ 는 각각 BS m과 BS m의 섹터 내에 있는 RS l의 OFDM 시스템에서 전송을 위해 부반송파 n 을 점유하고 있는 사용자의 수이다.

[0045] 수학식 1을 다시 정리하면 수학식 2로 나타낼 수 있다.

수학식 2

$$\Lambda(\mathbf{P}_{2\text{-hop}}, \mathbf{K}, \mathbf{K}_{2\text{-hop}}, \boldsymbol{\lambda}_{\text{BS}}, \boldsymbol{\lambda}_{\text{RS}}) \square U_{2\text{-hop}}(\mathbf{P}_{2\text{-hop}}, \mathbf{K}, \mathbf{K}_{2\text{-hop}}) + \boldsymbol{\lambda}_{\text{BS}}^T \cdot (P_{\text{max}} - \sum_{n=1}^N \mathbf{P}^n) + \boldsymbol{\lambda}_{\text{RS}}^T (P_{\text{RS,max}} - \sum_{n=1}^N \mathbf{P}_{\text{RS}}^n)$$

[0046]

[0047] 수학식 2를 $\mathbf{P}_{2\text{-hop}}$ 에 대하여 미분하면 수학식 3과 같은 식을 얻는다.

수학식 3

$$\begin{aligned} & \frac{d}{d\mathbf{P}} [\Lambda(\mathbf{P}_{2\text{-hop}}, \mathbf{K}, \mathbf{K}_{2\text{-hop}}, \boldsymbol{\lambda}_{\text{BS}}, \boldsymbol{\lambda}_{\text{RS}})] \\ &= \sum_{m=1}^{M_{\text{coop}}} \left[\frac{1}{\ln 2} \cdot \left(\frac{\frac{1}{R_{\text{req}}(k_m^n)} \cdot \left(g(m, n, k_m^n) + \sum_{l=1}^{M_{\text{RS}}} g_{\text{RS}}(m, l, n, k_m^n) \right)}{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_m^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{M_{\text{RS}}} P_{\text{RS}_{(j-1) \times M_{\text{RS}} + l}}^n \cdot g_{\text{RS}}(j, l, n, k_m^n)} \right. \right. \\ & \quad \left. \left. - \frac{\sum_{j=1, j \neq m}^M g(j, n, k_m^n) \cdot \text{SINR}_{j, k_j^n}^n(\mathbf{P}_{2\text{-hop}}^n) \cdot \frac{1}{R_{\text{req}}(k_j^n)}}{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_m^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{M_{\text{RS}}} P_{\text{RS}_{(j-1) \times M_{\text{RS}} + l}}^n \cdot g_{\text{RS}}(j, l, n, k_m^n)} \right. \right. \\ & \quad \left. \left. - \frac{\sum_{j=1, j \neq m}^M \sum_{l=1}^{M_{\text{RS}}} g_{\text{RS}}(j, l, n, k_m^n) \cdot \text{SINR}_{j, l, k_{m,l,2\text{-hop}}^n}^n(\mathbf{P}_{2\text{-hop}}^n) \cdot \frac{1}{R_{\text{req}}(k_{m,l,2\text{-hop}}^n)}}{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k) + \sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^{M_{\text{RS}}} P_{\text{RS}_{(j-1) \times M_{\text{RS}} + l}}^n \cdot g_{\text{RS}}(j, l, n, k_m^n)} \right) \right] \quad (\text{Part 1}) \\ & \quad - \boldsymbol{\lambda}_{\text{BS}}(m) - \sum_{l=1}^{M_{\text{RS}}} \boldsymbol{\lambda}_{\text{RS}}(m, l) \end{aligned}$$

[0048]

+

$$\begin{aligned}
 & \sum_{m=M_{\text{coop}}+1}^M \left[\frac{1}{\ln 2} \cdot \left(\frac{\frac{1}{R_{\text{req}}(k_m^n)} \cdot g(m, n, k_m^n)}{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_m^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{M_{\text{RS}}} P_{\text{RS}(j-1) \times M_{\text{RS}} + l}^n \cdot g_{\text{RS}}(j, l, n, k_m^n)} \right. \right. \\
 & \quad \left. \left. - \sum_{j=1, j \neq m}^M g(j, n, k_m^n) \cdot \text{SINR}_{j, k_j^n}^n(\mathbf{P}_{2\text{-hop}}^n) \cdot \frac{1}{R_{\text{req}}(k_j^n)} \right. \right. \\
 & \quad \left. \left. - \frac{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_m^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{M_{\text{RS}}} P_{\text{RS}(j-1) \times M_{\text{RS}} + l}^n \cdot g_{\text{RS}}(j, l, n, k_m^n)}{\sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{M_{\text{RS}}} g_{\text{RS}}(j, l, n, k_m^n) \cdot \text{SINR}_{j, l, k_{m,l,2\text{-hop}}^n}^n(\mathbf{P}_{2\text{-hop}}^n) \cdot \frac{1}{R_{\text{req}}(k_{m,l,2\text{-hop}}^n)}} \right. \right. \\
 & \quad \left. \left. - \frac{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_m^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{M_{\text{RS}}} P_{\text{RS}(j-1) \times M_{\text{RS}} + l}^n \cdot g_{\text{RS}}(j, l, n, k_m^n)}{-\lambda_{\text{BS}}(m)} \right) \right] \quad (\text{Part 2})
 \end{aligned}$$

+

$$\begin{aligned}
 & \sum_{m=M_{\text{coop}}+1}^M \sum_{l=1}^{M_{\text{RS}}} \left[\frac{1}{\ln 2} \cdot \left(\frac{\frac{1}{R_{\text{req}}(k_{m,l,2\text{-hop}}^n)} \cdot g_{\text{RS}}(m, l, n, k_{m,l,2\text{-hop}}^n)}{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_{m,l,2\text{-hop}}^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{M_{\text{RS}}} P_{\text{RS}(j-1) \times M_{\text{RS}} + i}^n \cdot g_{\text{RS}}(j, i, n, k_{m,l,2\text{-hop}}^n)} \right. \right. \\
 & \quad \left. \left. - \sum_{j=1, j \neq m}^M g(j, n, k_{m,l,2\text{-hop}}^n) \cdot \text{SINR}_{j, k_j^n}^n(\mathbf{P}_{2\text{-hop}}^n) \cdot \frac{1}{R_{\text{req}}(k_j^n)} \right. \right. \\
 & \quad \left. \left. - \frac{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_{m,l,2\text{-hop}}^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{M_{\text{RS}}} P_{\text{RS}(j-1) \times M_{\text{RS}} + i}^n \cdot g_{\text{RS}}(j, i, n, k_{m,l,2\text{-hop}}^n)}{\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{M_{\text{RS}}} g_{\text{RS}}(j, i, n, k_{m,l,2\text{-hop}}^n) \cdot \text{SINR}_{j, i, k_{j,l,2\text{-hop}}^n}^n(\mathbf{P}_{2\text{-hop}}^n) \cdot \frac{1}{R_{\text{req}}(k_{j,l,2\text{-hop}}^n)}} \right. \right. \\
 & \quad \left. \left. - \frac{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k) + \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{M_{\text{RS}}} P_{(j-1) \times M_{\text{RS}} + i}^n \cdot g_{\text{RS}}(m, l, n, k_{2\text{-hop}, j, j, n})}{-\lambda_{\text{RS}}((m-1) \times M_{\text{RS}} + l)} \right) \right] \quad (\text{Part 3})
 \end{aligned}$$

[0050]

[0051] 수학식 3에서 Part 1은 DL 협력 전송 영역에 해당하며, Part 2와 3는 각각 BS의 비경계지역의 1-홉 사용자로의 전송과 RS의 2-홉 사용자로의 전송에 해당한다.

[0052] (A) DL 협력 전송 영역에 해당하는 섹터에서 BS의 시나리오

[0053] 만약 BS m^* 이 DL 협력 전송 영역에 있다면, BS m^* 의 n 번째 부반송파에 대한 최적의 전력 할당은 KKT(Karush-Kuhn-Tucker)조건에 따라 수학식 4를 만족해야 한다.

수학식 4

$$\begin{aligned}
 & \left[\frac{1}{\ln 2} \cdot \left(\frac{\frac{1}{R_{req}(k_{m^*}^n)} \cdot \left(g(m, n, k_{m^*}^n) + \sum_{l=1}^{M_{RS}} g_{RS}(m, l, n, k_{m^*}^n) \right)}{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_{m^*,n}^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{M_{RS}} P_{RS(j-1) \times M_{RS} + l}^n \cdot g_{RS}(j, l, n, k_{m^*}^n)} \right. \right. \\
 & - \frac{\sum_{j=1, j \neq m^*}^M g(j, n, k_{m^*}^n) \cdot \text{SINR}_{j, k_j^n}^n(\mathbf{P}_{2-hop}^n) \cdot \frac{1}{R_{req}(k_j^n)}}{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_{m^*,n}^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{M_{RS}} P_{RS(j-1) \times M_{RS} + l}^n \cdot g_{RS}(j, l, n, k_{m^*}^n)} \\
 & - \frac{\sum_{j=1, j \neq m^*}^M \sum_{l=1}^{M_{RS}} g_{RS}(j, l, n, k_{m^*}^n) \cdot \text{SINR}_{j, l, k_{j, l, 2-hop}^n}^n(\mathbf{P}_{2-hop}^n) \cdot \frac{1}{R_{req}(k_{j, l, 2-hop}^n)}}{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_{m^*,n}^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{M_{RS}} P_{RS(j-1) \times M_{RS} + l}^n \cdot g_{RS}(j, l, n, k_{m^*}^n)} \left. \right) \\
 & - \lambda_{BS}(m^*) - \sum_{l=1}^{M_{RS}} \lambda_{RS}((m^* - 1) \times M_{RS} + l) \Big] + Extra_{m^*, BS \text{ in } Coop}^n = 0
 \end{aligned}$$

[0054]

$$Extra_{m^*, BS \text{ in } Coop}^n = \text{Part 1 } (m \neq m^*) + \text{Part 2} + \text{Part 3}$$

[0055]

여기서, 이며, 수학식 4를 따라 BS m^* 의
 부반송과 n을 위한 최적의 할당전력은 수학식 5와 같이 얻는다.

수학식 5

$$\begin{aligned}
 & P_{m^*}^n + \frac{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_{m^*}^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{M_{RS}} P_{RS(j-1) \times M_{RS} + l}^n \cdot g_{RS}(j, l, n, k_{m^*}^n)}{g(m^*, n, k_{m^*}^n) + \sum_{l=1}^{M_{RS}} g_{RS}(m^*, l, n, k_{m^*}^n)} \\
 & = \frac{1}{R_{req}(k_{m^*}^n) \cdot \left(\lambda_{BS}(m^*) \cdot \ln 2 + A_{m^*}^n - Extra_{m^*, BS \text{ in } Coop}^n \cdot \ln 2 \right)}
 \end{aligned}$$

[0056]

[0057] 이며,

$$A_{m^*}^n = \sum_{l=1}^{M_{RS}} \lambda_{RS} ((m^* - 1) \times M_{RS} + l) \\ + \frac{\sum_{j=1, j \neq m^*}^M g(j, n, k_{m^*}^n) \cdot \text{SINR}_{j, k_j^n}^n (\mathbf{P}_{2-hop}^n) \cdot \frac{1}{R_{req}(k_j^n)}}{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_{m^*}^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{M_{RS}} P_{RS(j-1) \times M_{RS} + l}^n \cdot g_{RS}(j, l, n, k_{m^*}^n)} \\ + \frac{\sum_{j=1, j \neq m^*}^M \sum_{l=1}^{M_{RS}} g_{RS}(j, l, n, k_{m^*}^n) \cdot \text{SINR}_{j, l, k_{j, l, 2-hop}^n}^n (\mathbf{P}_{2-hop}^n) \cdot \frac{1}{R_{req}(k_{j, l, 2-hop}^n)}}{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_{m^*}^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{M_{RS}} P_{RS(j-1) \times M_{RS} + l}^n \cdot g_{RS}(j, l, n, k_{m^*}^n)}$$

[0058]

[0059] 이다.

[0060] (A) DL 협력 전송 영역에 해당하는 섹터에서 RS의 시나리오

[0061] 수학식 3 내지 수학식 5에 따라, BS m^* 에서 RS l^* 을 위한 최적의 할당 전력은 수학식 6으로 나타난다.

수학식 6

$$A_{m^*, l^*}^n = \lambda_{BS}(m^*) + \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq l^*}}^{M_{RS}} \lambda_{RS} ((m^* - 1) \times M_{RS} + l) - \text{Extra}_{m^*, BS \text{ in Coop}}^n \cdot \ln 2 \\ + \frac{\sum_{j=1, j \neq m^*}^M g(j, n, k_{m^*}^n) \cdot \text{SINR}_{j, k_j^n}^n (\mathbf{P}_{2-hop}^n) \cdot \frac{1}{R_{req}(k_j^n)}}{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_{m^*}^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{M_{RS}} P_{RS(j-1) \times M_{RS} + l}^n \cdot g_{RS}(j, l, n, k_{m^*}^n)} \\ + \frac{\sum_{j=1, j \neq m^*}^M \sum_{l=1}^{M_{RS}} g_{RS}(j, l, n, k_{m^*}^n) \cdot \text{SINR}_{j, l, k_{j, l, 2-hop}^n}^n (\mathbf{P}_{2-hop}^n) \cdot \frac{1}{R_{req}(k_{j, l, 2-hop}^n)}}{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_{m^*}^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{M_{RS}} P_{RS(j-1) \times M_{RS} + l}^n \cdot g_{RS}(j, l, n, k_{m^*}^n)}$$

[0062]

[0063] 이면,

$$P_{RS(m^*-1) \times M_{RS} + l^*}^n + \frac{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_{m^*}^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{M_{RS}} P_{(j-1) \times M_{RS} + i}^n \cdot g_{RS}(j, i, n, k_{m^*}^n)}{g_{RS}(m^*, l^*, n, k_{m^*}^n)} \\ = \frac{1}{R_{req}(k_{m^*}^n) \cdot (\lambda_{RS}((m^* - 1) \times M_{RS} + l^*) \cdot \ln 2 + A_{m^*, l^*}^n)} \\ - \frac{\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq l^*}}^{M_{RS}} P_{(m^*-1) \times M_{RS} + i}^n \cdot g_{RS}(m^*, i, n, k_{m^*}^n)}{g_{RS}(m^*, l^*, n, k_{m^*}^n)}$$

[0064]

[0065] 가 된다.

[0066] (C) 1-홉 비경계지역 사용자들을 위한 DL 액세스 영역에 해당하는 섹터에서 BS의 시나리오

[0067] 만약, BS m^* 이 1-hop 비경계지역 사용자들을 위한 DL 액세스 영역에 해당한다면, BS m^* 의 n번째 부반송파에 대한

최적의 할당 전력은 수학적식 7로 나타낼 수 있다.

수학적식 7

$$P_{m^*}^n + \frac{N_0 + \sum_{j=1, j \neq m^*}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_{m^*}^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{M_{RS}} P_{RS(j-1) \times M_{RS} + l}^n \cdot g_{RS}(j, l, n, k_{m^*}^n)}{g(m^*, n, k_{m^*}^n) + \sum_{l=1}^{M_{RS}} g_{RS}(m^*, l, n, k_{m^*}^n)} = \frac{1}{R_{req}(k_{m^*}^n) \cdot (\lambda_{BS}(m^*) \cdot \ln 2 + A_{m^*}^n)}$$

[0068]

이고,

$$A_{m^*}^n = -Extra_{m^*, BS \text{ out Coop}}^n \cdot \ln 2 + \frac{\sum_{j=1, j \neq m^*}^M g(j, n, k_{m^*}^n) \cdot SINR_{j, k_{j, n}}^n(P_{2-hop}^n) \cdot \frac{1}{R_{req}(k_{j, n})}}{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_{m^*}^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{M_{RS}} P_{RS(j-1) \times M_{RS} + l}^n \cdot g_{RS}(j, l, n, k_{m^*}^n)} + \frac{\sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{M_{RS}} g_{RS}(j, l, n, k_{m^*}^n) \cdot SINR_{j, l, k_{j, l, 2-hop}}^n(P_{2-hop}^n) \cdot \frac{1}{R_{req}(k_{j, l, 2-hop}^n)}}{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_{m^*}^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{M_{RS}} P_{RS(j-1) \times M_{RS} + l}^n \cdot g_{RS}(j, l, n, k_{m^*}^n)}$$

[0070]

여기서, $Extra_{m^*, BS \text{ out Coop}}^n = \text{Part 1} + \text{Part 2}(m \neq m^*) + \text{Part 3}$ 이 된다.

[0071]

(D) 2-홉 사용자들을 위한 DL 액세스 영역에 해당하는 섹터에서 RS의 시나리오

[0072]

BS m^* 이 1-홉 비경계지역 사용자들을 위한 DL 액세스 영역에 해당하고, BS m^* 의 같은 섹터 내에 있는 RS는 2-홉 사용자들을 위한 DL 액세스 영역에 해당한다. BS m^* 의 RS l^* 에서 n번째 부반송파에 대한 최적의 할당 전력은 다음과 같이 수학적식 8과 같이 계산된다.

[0073]

수학식 8

$$A_{m^*, l^*}^n = -Extra_{m^*, l^*, RS \text{ out Coop}}^n \cdot \ln 2$$

$$+ \frac{\sum_{j=1}^M g(j, n, k_{m^*, l^*, 2-hop}^n) \cdot \text{SINR}_{j, k_j^n}^n(\mathbf{P}_{2-hop}^n) \cdot \frac{1}{R_{req}(k_j^n)}}{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_{m^*, l^*, 2-hop}^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{M_{RS}} P_{RS(j-1) \times M_{RS} + i}^n \cdot g_{RS}(j, i, n, k_{m^*, l^*, 2-hop}^n)}$$

$$+ \frac{\sum_{j=1, j \neq m}^M \sum_{l=1}^{M_{RS}} g_{RS}(j, i, n, k_{m^*, l^*, 2-hop}^n) \cdot \text{SINR}_{j, l, k_{j, l}^n}^n(\mathbf{P}_{2-hop}^n) \cdot \frac{1}{R_{req}(k_{j, l}^n)}}{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_{m^*, l^*, 2-hop}^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{M_{RS}} P_{RS(j-1) \times M_{RS} + i}^n \cdot g_{RS}(j, i, n, k_{m^*, l^*, 2-hop}^n)}$$

$$+ \frac{\sum_{l=1, l \neq l^*}^{M_{RS}} g_{RS}(m^*, l, n, k_{m^*, l^*, 2-hop}^n) \cdot \text{SINR}_{j, l, k_{m^*, l}^n}^n(\mathbf{P}_{2-hop}^n) \cdot \frac{1}{R_{req}(k_{m^*, l}^n)}}{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_{m^*, l^*, 2-hop}^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{M_{RS}} P_{RS(j-1) \times M_{RS} + i}^n \cdot g_{RS}(j, i, n, k_{m^*, l^*, 2-hop}^n)}$$

[0074]

$$Extra_{m^*, l^*, BS \text{ out Coop}}^n = \text{Part 1} + \text{Part 2} + \text{Part 3} \quad (m \neq m^*, l \neq l^*)$$

[0075]

[0076] 이고,

$$P_{RS(m^*-1) \times M_{RS} + l^*}^n + \frac{N_0 + \sum_{j=1}^M P_j^n \cdot g(j, n, k_{m^*, l^*, 2-hop}^n) + \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{M_{RS}} P_{RS(j-1) \times M_{RS} + i}^n \cdot g_{RS}(j, i, n, k_{m^*, l^*, 2-hop}^n)}{g_{RS}(m^*, l^*, n, k_{m^*, l^*, 2-hop}^n)}$$

$$= \frac{1}{R_{req}(k_{m^*, l^*, 2-hop}^n) \cdot (\lambda_{RS}((m^* - 1) \times M_{RS} + l^*) \cdot \ln 2 + A_{m^*, l^*}^n)}$$

[0077]

[0078] 이 된다.

[0079] 수학식 4 내지 수학식 8를 바탕으로, BS와 RS에 대한 전송 전력을 갱신할 수 있으며, 도 5의 의사 코드(pseudo code)는 2-홉 시스템을 위해 본 발명의 일실시예에 따른 반복적인 조정 스케줄링 알고리즘에 대한 절차이다.

[0080] 도 6은 BS-ICSA와 2-홉 ICSA를 각각 1-홉과 2-홉 시스템에 사용하였을 경우, 1-홉 시스템 대비 2-홉 시스템의 평균 셀 전체 유틸리티 향상 비율을 도시한 것이다. 도 6으로부터 RS가 상위(super-ordinated) BS로부터 400m 거리에 배치된 경우 셀 전체 유틸리티가 약 188% 향상되는 것을 알 수 있다. 거리가 점점 멀어질 경우 RS로부터 협력 전송을 받는 1-홉 사용자의 수가 줄어들기 때문에, 시스템 유틸리티의 향상 정도가 점차 감소하게 된다.

[0081] 네트워크스펙트럼 RS를 이용한 2-홉 시스템의 경우 시스템의 효율성과 커버리지 향상 간 상충(trade-off) 관계를 갖게 된다. 2-홉 시스템과 싱글-홉 시스템은 커버리지 영역이 다르기 때문에 스루풋(throughput) 대신 area spectrum 효율성(전체 시스템 throughput을 시스템 대역폭과 커버리지 영역의 곱으로 나눈 것으로, 단위는 bps/Hz/m²)을 이용하여 비교를 한다.

[0082] 도 7은 싱글-홉 시스템의 area spectrum 효율성을 나타내는 그림이고, 도 8은 RS 위치에 따른 싱글-홉 시스템 대비 2-홉 시스템의 area spectrum 효율성의 증가 비율을 나타내는 도면이다. 이 결과 그래프로부터 RS의 위치가 상위 BS와의 거리가 약 410m일 때, 싱글-홉 시스템과 비교하였을 때 더 이상 area spectrum 효율성에 대한 이득을 얻지 못하는 것을 알 수 있다. 즉, 2-홉 시스템에서 최적의 릴레이 위치는 2-홉 시스템의 area spectrum 효율성이 싱글-홉 시스템의 area spectrum 효율성과 같아지는 지점이다. 싱글-홉 시스템의 area

spectrum 효율성과 같지만, 커버리지는 싱글-홉 시스템보다 약 2배정도 향상되며, 따라서 같은 커버리지에 대하여 시스템을 설치할 경우 전체 시스템의 배치비용은 감소하게 된다.

[0083]

넌트랜스패런트 RS의 하이브리드 배치에 따른 이점에 대하여 간단한 예를 들면, 커버리지 영역이 A이고, BS의

가격이 RS의 10배라 가정하면 일반적인 싱글-홉 시스템의 전체 배치 비용은 $\frac{A}{\pi} \times 10RS$ 가 된다. 넌트랜스패런트 RS를 이용한 2-홉 시스템의 배치 비용은 같은 영역에 대하여

$$\frac{A}{\pi(1+Pos_{RS})^2} \times 10RS + \frac{A}{\pi(1+Pos_{RS})^2} \times 6RS$$

이 된다. 도 7과 도 8에 따라 RS의 최적화된 위치가 상위 BS

와의 거리가 410m일 경우로 정하면, $Pos_{RS}=0.41$ 이 되며, 이에 따라 배치비용은 일반적인 싱글-홉 시스템과 비교하여 약 20%정도 감소하게 된다.

[0084]

본 발명의 일실시예에 따른 RRM 알고리즘을 검증하기 위하여 1-홉 OFDMA 시스템의 수치 플랫폼(numerical platform)을 설계한다. 싱글 셀 레이아웃은 M-WiMAX 시스템 환경의 파라미터들을 고려한다. 하향링크 서브 프레임의 경우 27개의 심볼을 사용하며, 상향 링크 서브프레임의 경우 15개의 심볼을 사용하는 5ms 길이의 일반적인 M-WiMAX의 프레임을 고려하였으며, 에러 없는 CSI(Channel State Information) 피드백과 완벽한 채널 추정을 가정하였다. 상향링크 서브 프레임의 길이 때문에 하향링크 스케줄링 지연 요건(delay requirement)(Tk)을 상향 링크 서브 프레임 길이보다 크게 설정하며, 이와 같은 조건에 따라 사용자의 QoS를 다음 같이 3개의 Class로 고려한다.

Class 1) $R_k = 768\text{kbps}$, $T_k = 20$ OFDM Symbols = 2.38ms.

Class 2) $R_k = 512\text{kbps}$, $T_k = 30$ OFDM Symbols = 3.57ms.

Class 3) $R_k = 256\text{kbps}$, $T_k = 40$ OFDM Symbols = 4.76ms.

[0085]

[0086]

위와 같은 가정을 바탕으로 넌트랜스패런트 RS를 사용한 2-홉 OFDMA 시스템에서 분산된 RRM 알고리즘의 성능을 검증한다. 하나의 셀 안에 6개의 넌트랜스패런트 RS가 배치되며, 넌트랜스패런트 RS는 커버리지 확장과 1-홉 경계지역 사용자를 위한 BS와 넌트랜스패런트 RS간 협력 전송을 지원하기 위하여 BS로부터 700 ~ 900m 정도 떨어진 BS 커버리지의 경계 지역에 위치한다. 더불어, RS간 간섭을 없애기 위하여, 각각의 부채널은 하나의 RS에 의해 배타적으로(exclusively) 점유되며, BS 커버리지 밖의 사용자들은 RS를 통해서만 시스템에 접속할 수 있다. 위와 같은 RS 배치 시나리오와 규정에 의해 1-홉 사용자는 BS에 의해 제어되어야 하고, 2-홉 사용자는 RS에 의해 제어되어야 한다. 또한, RS 프레임의 일부 심볼들은 1-홉 경계지역 사용자를 위한 협력 전송을 지원하는데 사용한다. 이와 같은 시나리오에 기반하여, 본 발명의 일실시예에서는 class 2와 class 3의 사용자만 2-홉 사용자로서 고려한다.

[0087]

본 발명의 일실시예에 따른 TDD 기반 인밴드 릴레이 프레임 구조, 트래픽 릴레이 절차로 구성된 분산된 RRM 알고리즘은 2-홉 시스템에서 이용한다. 두 시스템에서 사용자들은 랜덤하게 분포되며, 2-홉 시스템의 경우, RS는 BS로부터 각각 700m, 800m, 900m 떨어진 곳에 위치한다.

[0088]

도 9, 도 10, 도 11는 1-홉 M-WiMAX 시스템과 넌트랜스패런트 RS를 사용한 2-홉 M-WiMAX 시스템간 수신 데이터율에 따른 CDF(누적분포함수) 비교 결과 그래프이다. 결과 그래프에서 BS와 RS의 협력 전송으로 인해 2-홉 시스템의 1-홉 사용자가 1-홉 시스템의 사용자보다 더 좋은 성능을 나타냄을 확인할 수 있다. 그러나, 2-홉 사용자는 1-홉 시스템의 사용자와 비교하였을 때 성능이 다소 떨어지는 것을 볼 수 있는데, 이는 RS의 프레임 구조의 일부 심볼이 트래픽 릴레이 전송과 1-홉 경계지역 사용자를 위한 cooperative 전송으로 사용되어지기 때문이다. RS가 BS로부터 멀리 위치할수록, 협력 전송이 지원되는 사용자 수가 감소하여, RS 프레임 구조에서 협력 전송을 위한 OFDM 심볼의 수가 줄어들기 때문에 2-홉 사용자의 성능은 1-홉 시스템 사용자와 성능이 비슷해진다. RS가 BS로부터 900m 거리에 위치한 경우, 각 class 사용자의 타겟 데이터율에서 두 시스템은 거의 비슷한 성능을 나타내지만, 넌트랜스패런트 RS를 이용한 하이브리드 배치는 시스템의 커버리지를 확장시킴과 동시에 더 많

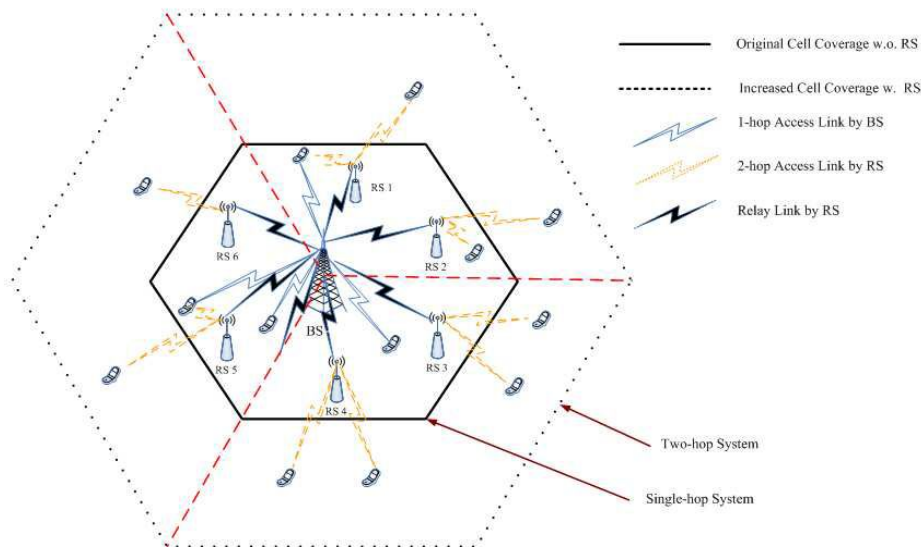
은 사용자들을 수용할 수 있게 하고, RS의 낮은 가격으로 인하여 시스템의 배치비용도 감소시키는 이점을 가져올 수 있다.

[0089] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

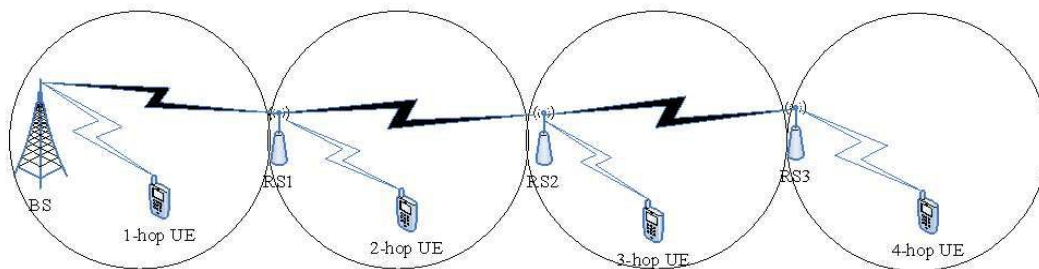
[0090] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

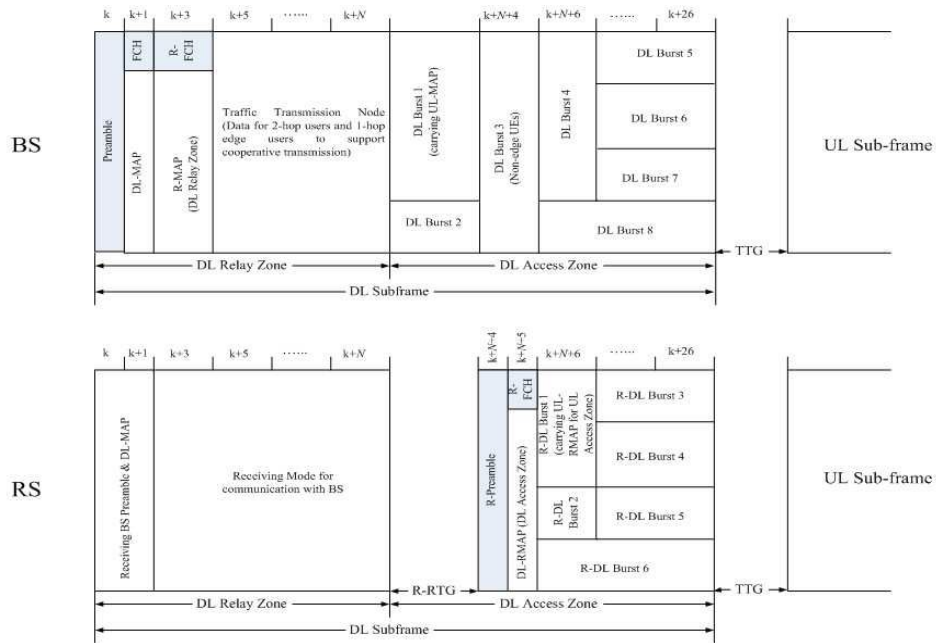
도면1



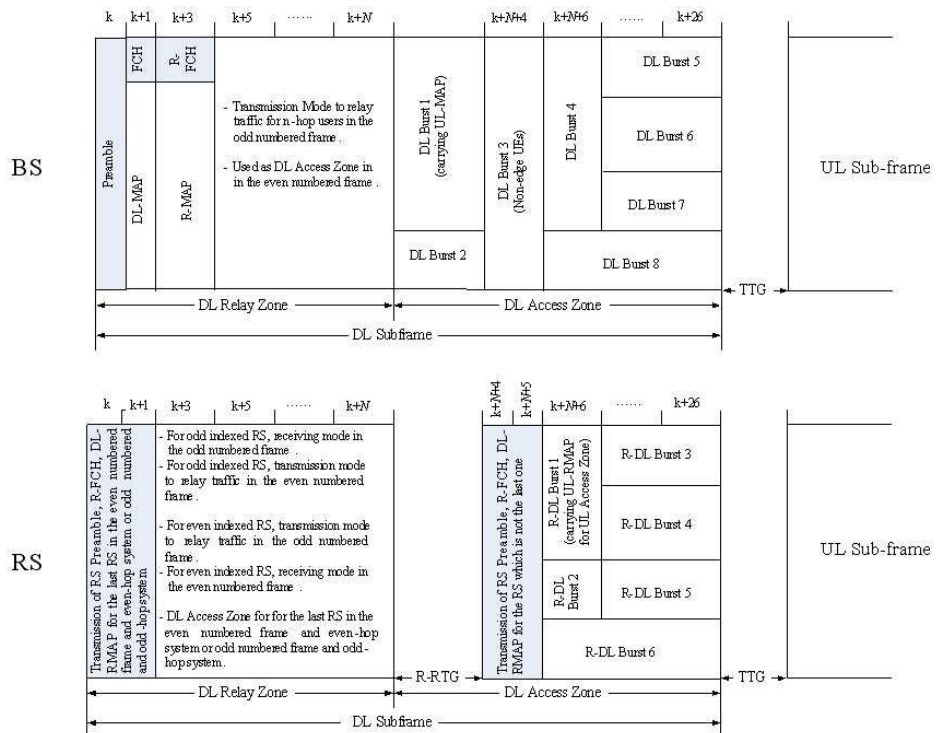
도면2



도면3



도면4

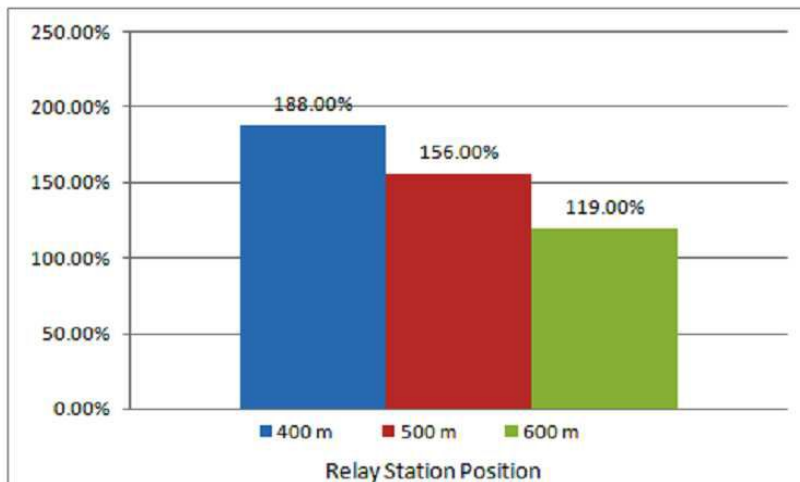


도면5

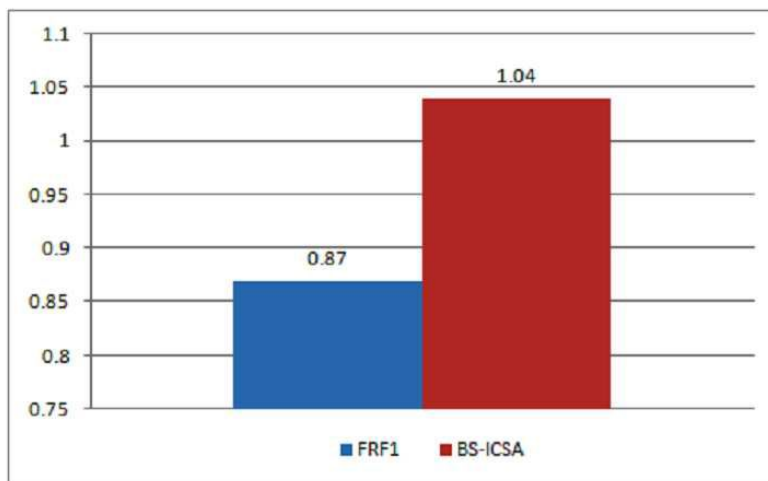
```

1: 각 사용자  $k$ 에게 부채널을 할당하기 위한 FI-RRM 알고리즘 수행
2:  $L_{\max}$ ,  $\mathbf{P}$  초기화 및  $l=0$ 으로 설정
3: 반복
4: for  $m=1$  to  $M$ 
5:   섹터  $m$ 내 BS와 RS의 DL access zone 검사
6:   섹터  $m$ 내 BS와 RS의 최적의  $\lambda$ 값 검색
7:   식 (4)-(15)에 따라 BS와 RS의 각 부반송파의 전송 전력 업데이트
8: end
9: 업데이트된  $\mathbf{P}$ 에 따라 FI-RRM 알고리즘을 이용하여 부채널 재할당
10:  $l=l+1$ 
11: 시스템 utility가 수렴하거나  $l=L_{\max}$ 가 될 때까지 반복
    
```

도면6



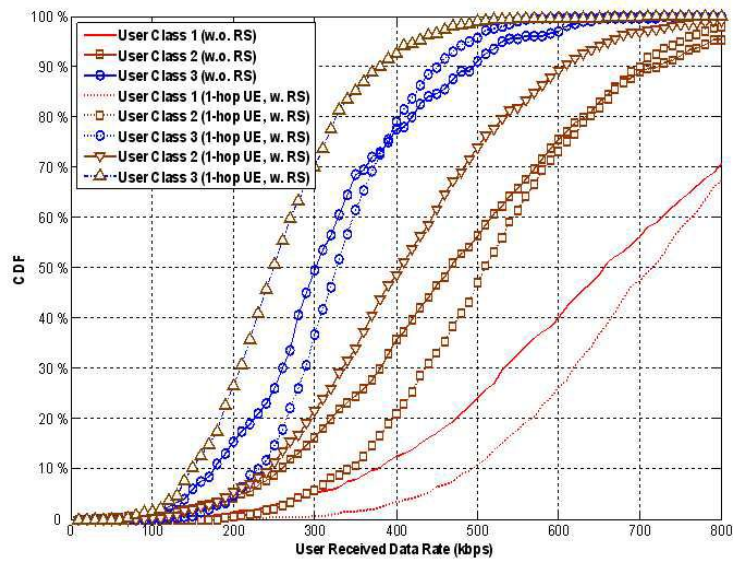
도면7



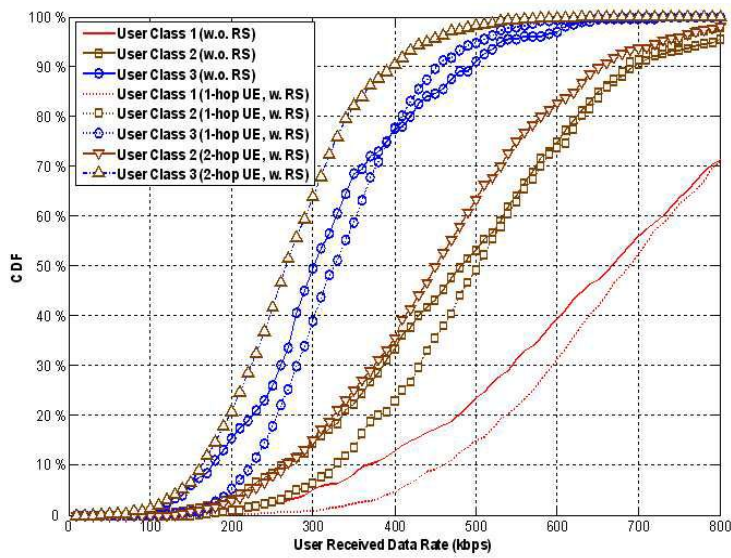
도면8



도면9



도면10



도면11

