



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0023976
(43) 공개일자 2012년03월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 72/12 (2009.01) H04W 28/24 (2009.01)
H04B 7/04 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0086435
(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

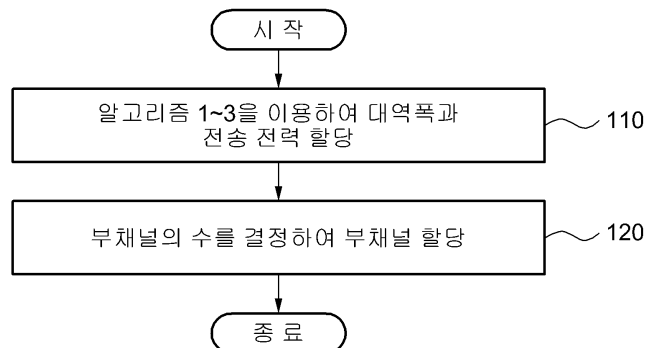
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 이중 Q o S 요구를 만족하는 다중 사용자 OFDMA 시스템의 하향 링크를 위한 2 단계 무선 자원 할당 방법

(57) 요약

다중 사용자 환경에서의 OFDMA 시스템의 하향 링크를 위한 무선 자원 할당 방법에 있어서, 사용자의 전파 손실과 페이딩 채널을 포함하는 전력 상쇄 계수를 이용하여 사용자에게 할당할 전송 전력을 산출하는 단계; 전송 전력 및 SNR에 대한 문턱 값, 그리고 전력 상쇄 계수를 이용하여 사용자로부터 요구되는 요구 대역폭을 산출하는 단계; 및 OFDMA 시스템에서 제공하는 대역폭인 제한 대역폭 내에서 요구 대역폭에 대응되는 대역폭을 할당하는 단계를 포함하는 무선 자원 할당 방법이 제공된다.

대표도 - 도1



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

다중 사용자 환경에서의 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 시스템의 하향 링크를 위한 무선 자원 할당 방법에 있어서,

데이터 전송을 요청한 모든 사용자에게 동일한 전송 전력을 할당하는 단계;

상기 데이터 전송을 요청한 사용자의 수, 상기 전송 전력 및 SNR(신호대잡음비)에 대한 문턱 값, 그리고 상기 사용자의 전파 손실(path-loss)과 페이딩 채널을 포함하는 전력 상쇄 계수를 이용하여 각 사용자로부터 요구되는 요구 대역폭을 산출하는 단계;

상기 OFDMA 시스템에서 제공하는 대역폭인 제한 대역폭 내에서 상기 요구 대역폭에 대응되는 대역폭을 상기 사용자에게 할당하는 단계; 및

상기 전력 상쇄 계수를 이용하여 상기 전송 전력을 재 할당하는 단계를 포함하는 무선 자원 할당 방법.

청구항 2

다중 사용자 환경에서의 OFDMA 시스템의 하향 링크를 위한 무선 자원 할당 방법에 있어서,

사용자의 전파 손실과 페이딩 채널을 포함하는 전력 상쇄 계수를 이용하여 상기 사용자에게 할당할 전송 전력을 산출하는 단계;

상기 전송 전력 및 SNR에 대한 문턱 값, 그리고 상기 전력 상쇄 계수를 이용하여 상기 사용자로부터 요구되는 요구 대역폭을 산출하는 단계; 및

상기 OFDMA 시스템에서 제공하는 대역폭인 제한 대역폭 내에서 상기 요구 대역폭에 대응되는 대역폭을 상기 사용자에게 할당하는 단계

를 포함하는 무선 자원 할당 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

데이터 전송을 요청한 모든 사용자에게 할당된 전체 대역폭이 상기 제한 대역폭을 초과하는 경우, 상기 할당된 대역폭에 대한 정규화(normalization)를 수행하는 단계

를 더 포함하는 무선 자원 할당 방법.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 OFDMA 시스템에서 제공하는 부채널(sub channel)의 대역폭과 상기 요구 대역폭을 이용하여 상기 사용자에게 할당할 부채널의 수를 결정하는 단계

를 더 포함하는 무선 자원 할당 방법.

청구항 5

다중 사용자 환경에서의 OFDMA 시스템의 하향 링크를 위한 무선 자원 할당 방법에 있어서,

데이터 전송을 요청하는 사용자가 하나의 부채널을 통해 데이터를 전송하는 평균 데이터 전송률을 이용하여 부채널 할당 순서를 결정하는 단계; 및

상기 부채널 할당 순서에 따라 상기 사용자의 부채널을 할당하는 단계

를 포함하는 무선 자원 할당 방법.

청구항 6

다중 사용자 환경에서의 OFDMA 시스템의 하향 링크를 위한 무선 자원 할당 방법에 있어서,

데이터 전송을 요청하는 사용자의 채널 상태 정보를 정렬하는 단계; 및

상기 채널 상태 정보를 이용하여 상기 사용자의 타겟 데이터 전송률을 만족하는 부채널을 상기 사용자에게 할당하는 단계

를 포함하는 무선 자원 할당 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 사용자가 상기 부채널을 할당 받지 못한 상태에서는, 상기 부채널을 할당 받은 사용자로부터 피드백 되는 상기 채널 상태 정보를 기반으로 할당되지 않은 나머지 부채널을 정렬하는 단계; 및

상기 채널 상태 정보의 값이 높은 순으로 상기 부채널을 상기 사용자에게 할당하는 단계

를 더 포함하는 무선 자원 할당 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 이중 QoS 요구를 만족하는 다중사용자 OFDMA 시스템의 하향 링크를 위한 무선 자원 할당 알고리즘에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 통상적으로 무선 통신 시스템은 유선의 거리적 제약에서 벗어나 사용자의 활동성을 보장하기 위한 통신 시스템이다. 이러한 무선 통신 시스템은 직교 주파수 분할 다중 접속(CDMA) 방식을 이용하는 통신 시스템이 활발히 연구되어 사용되었다. 그러나, CDMA 방식에서는 제한된 자원 때문에 사용자들이 요구하는 보다 많은 데이터 서비스를 저렴하게 제공하기 어렵다는 문제로 인하여 보다 많은 데이터를 제공할 수 있는 OFDMA 방식에 대하여 활발한 논의가 이루어져 현재 OFDMA 방식을 이용한 시스템들이 상용화 단계에 이르렀다.

[0003] OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 방식은 기본적으로 직교 주파수 분할 다중(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식에 근간한 방식으로 멀티-캐리어(Multi-Carrier)를 사용하여 데이터를 전송하는 방식이다. 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. OFDMA 시스템은 직교 주파수 분할 다중 방식을 기본적인 전송 방식으로 취하면서 상기 복수의 서브 캐리어들을 통해 여러 사용자를 구분하는 시스템, 다시 말해 서로 다른 사용자에게 서로 다른 서브 캐리어를 할당하는 방식이다.

[0004] OFDMA 시스템에서 다중 안테나 기술과 결합된 릴레이 시스템의 적용으로 서비스 영역 내 아웃이지(outage) 확률과 커버리지 holes 줄여 시스템 전반의 수율을 높일 수 있으나, 무선 링크 릴레이를 위한 새로운 개념의 무선 자원 관리 알고리즘이 요구되고 있다.

[0005] 최근 3GPP(3rd Generation Partnership Project) LTE(Long Term Evolution)-Advanced 시스템은 3GPP LTE의 향상된 시스템으로 현재 3GPP 그룹에서 표준화 작업이 진행 중에 있다. 3GPP LTE-Advanced 시스템에서는 고속의 데이터 전송률을 지원하기 위하여 넓은 대역폭과 증가된 안테나를 통한 공간 다중화(spatial multiplexing), 그리고 협력(cooperative) 송수신 등이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 무선 릴레이 개념을 3GPP LTE-Advanced 시스템에 적용하기 위하여 협력(cooperative) 전송(Transparent)과 릴레이 전송(Non-transparent)에 적합하고 낮은 레이턴시(latency)를 갖도록 하는 통합 프레임 구조를 제공할 수 있다.
- [0007] 이중 QoS 요구를 만족하면서 릴레이 시스템과 다중 안테나 환경에서 시스템의 수율을 최대화할 수 있는 새로운 기회적(opportunistic) 부채널 및 전력 할당 알고리즘을 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0008] 다중 사용자 환경에서의 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 시스템의 하향 링크를 위한 무선 자원 할당 방법에 있어서, 데이터 전송을 요청한 모든 사용자에게 동일한 전송 전력을 할당하는 단계; 사용자의 수, 전송 전력 및 SNR(신호대잡음비)에 대한 문턱 값, 그리고 사용자의 전파 손실(path-loss)과 페이딩 채널을 포함하는 전력 상쇄 계수를 이용하여 각 사용자로부터 요구되는 요구 대역폭을 산출하는 단계; OFDMA 시스템에서 제공하는 대역폭인 제한 대역폭 내에서 요구 대역폭에 대응되는 대역폭을 할당하는 단계; 및 전력 상쇄 계수를 이용하여 전송 전력을 재 할당하는 단계를 포함하는 무선 자원 할당 방법이 제공된다.
- [0009] 다중 사용자 환경에서의 OFDMA 시스템의 하향 링크를 위한 무선 자원 할당 방법에 있어서, 사용자의 전파 손실과 페이딩 채널을 포함하는 전력 상쇄 계수를 이용하여 사용자에게 할당할 전송 전력을 산출하는 단계; 전송 전력 및 SNR에 대한 문턱 값, 그리고 전력 상쇄 계수를 이용하여 사용자로부터 요구되는 요구 대역폭을 산출하는 단계; 및 OFDMA 시스템에서 제공하는 대역폭인 제한 대역폭 내에서 요구 대역폭에 대응되는 대역폭을 할당하는 단계를 포함하는 무선 자원 할당 방법이 제공된다.
- [0010] 일측에 따르면, 데이터 전송을 요청한 모든 사용자에게 할당된 전체 대역폭이 제한 대역폭을 초과하는 경우, 할당된 대역폭에 대한 정규화(normalization)를 수행할 수 있다.
- [0011] 다른 측면에 따르면, OFDMA 시스템에서 제공하는 부채널(sub channel)의 대역폭과 요구 대역폭을 이용하여 사용자에게 할당할 부채널의 수를 결정할 수 있다.
- [0012] 다중 사용자 환경에서의 OFDMA 시스템의 하향 링크를 위한 무선 자원 할당 방법에 있어서, 데이터 전송을 요청하는 사용자가 하나의 부채널을 통해 데이터를 전송하는 평균 데이터 전송률을 이용하여 부채널 할당 순서를 결정하는 단계; 및 부채널 할당 순서에 따라 사용자의 부채널을 할당하는 단계를 포함하는 무선 자원 할당 방법이 제공된다.
- [0013] 다중 사용자 환경에서의 OFDMA 시스템의 하향 링크를 위한 무선 자원 할당 방법에 있어서, 데이터 전송을 요청하는 사용자의 채널 상태 정보를 정렬하는 단계; 및 채널 상태 정보를 이용하여 사용자의 타겟 데이터 전송률을 만족하는 부채널을 사용자에게 할당하는 단계를 포함하는 무선 자원 할당 방법이 제공된다.
- [0014] 일측에 따르면, 사용자가 부채널을 할당 받지 못한 상태에서는, 부채널을 할당 받은 사용자로부터 피드백 되는 채널 상태 정보를 기반으로 할당되지 않은 나머지 부채널을 정렬한 후, 채널 상태 정보의 값이 높은 순으로 부채널을 할당할 수 있다.

발명의 효과

- [0015] 무선 릴레이 개념을 3GPP LTE-Advanced 시스템에 적용 가능한 통합 프레임 구조를 통해 협력(cooperative) 전송(Transparent)과 릴레이 전송(Non-transparent)을 지원할 수 있고 낮은 레이턴시(latency)를 실현할 수 있다.
- [0016] 새로운 기회적(opportunistic) 부채널 및 전력 할당 알고리즘을 제공함으로써 릴레이 시스템과 다중 안테나 환경에서 시스템의 수율을 최대화할 수 있다.
- [0017] 기존의 빔 성형 및 MIMO(다중입출력) 기술 외에 기회적(opportunistic) 빔성형 및 다중 셀의 중첩 지역에서 간섭을 피하기 위한 협력(cooperative) 충돌 회피 빔성형과 같은 새로운 빔 성형 기술을 릴레이 시스템에 적용할 수 있다.
- [0018] 기회적 부채널과 전력 할당 알고리즘을 위한 최적화 및 준최적화된 휴리스틱(heuristic) 해법을 제공하고, 시스템 적용을 위하여 준최적화 기회적 부채널 및 전력 할당 알고리즘의 복잡도를 비교/분석할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 OFDMA 시스템에서의 BE 서비스를 위한 무선 자원 할당 방법을 도시한

순서도이다.

도 2는 본 발명에서 제안한 대역폭 및 전력 할당 알고리즘을 사용하여 플랫 레일리(flat Rayleigh) 페이딩 채널 환경에서의 수율 손실률을 도기한 것이다.

도 3은 플랫 페이딩 채널 환경에서 본 실시예에서 제안한 대역폭 및 전력 할당 알고리즘의 outage 확률을 비교한 것이다.

도 4는 본 발명에서 제안한 부채널 할당 알고리즘의 상대적 수율 증가율을 도기한 것이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 무선 OFDMA 시스템에서의 RT 서비스를 위한 무선 자원 할당 방법을 도기한 순서도이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 무선 OFDMA 시스템에서의 부채널 할당 알고리즘을 도기한 것이다.

도 7은 사용자 우선권 결정 단계와 부채널 할당 단계로 이루어진 무선 자원 할당 방법의 사용자 데이터 전송률에 따른 CDF(누적분포함수)를 도기한 것이다.

도 8은 사용자 우선권 결정 단계와 부채널 할당 단계로 이루어진 무선 자원 할당 방법의 사용자 스케줄링 지연에 따른 CDF(누적분포함수)를 도기한 것이다.

도 9는 3GPP LTE-Advanced 시스템의 네트워크스펙트럼에서 2홉을 지원하기 위해 본 발명에서 제안된 무선 자원 관리 과정을 도기한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

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

[0021] 본 발명의 실시예는 무선 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 시스템에서 전체적인 시스템의 수율과 커버리지를 증가시키기 위해 시스템 설치 비용이 적은 RS(Relay Station)를 통한 릴레이 기술을 사용한다. 기지국과 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. RS는 네트워크스펙트럼(Non-transparent) RS와 트랜스페어런트(Transparent) RS 두 가지 종류로 나뉘는데, 두 가지 모두 3GPP LTE-Advanced 시스템에서 사용된다. 네트워크스펙트럼 RS는 주로 커버리지 확장이나 서비스 영역의 커버리지 holes 지원하기 위하여 사용되고, 트랜스페어런트 RS는 전체적인 시스템의 수율을 향상시키기 위하여 사용된다.

[0022] 본 발명의 실시예는 2홉(two-hop)/다중홉(multi-hop) 지원을 위한 트랜스페어런트 모드와 네트워크스펙트럼 모드로 이루어진 통합 릴레이 프레임 구조를 제공한다. 또한, 3GPP LTE-Advanced 시스템의 요구사항을 통한 릴레이 기반 기동적 부채널 및 전력 할당 알고리즘을 제공한다.

[0023] 일실시예에 따른 무선 OFDMA 시스템에서의 하향 링크를 위한 무선 자원 할당 방법은 BE(best-effort) 서비스와 RT(real-time) 서비스를 지원하는 기동적 무선 자원 관리 알고리즘에 관한 것이다. 본 실시예를 통한 결과물은 하향 링크에서 OFDMA 통신 방식을 사용하는 3GPP LTE 시스템 및 3GPP LTE-Advanced 시스템에 적용할 수 있다.

[0024] BE 서비스를 위하여 본 실시예는 공정성(fairness)을 향상시키는 알고리즘과 OFDMA 시스템에서 주파수 선택성(selectivity)과 다중 사용자 다이버시티(diversity) 이득을 동시에 얻기 위한 새로운 부채널 할당 알고리즘을 제공할 수 있다.

[0025] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 무선 OFDMA 시스템에서의 BE 서비스를 위한 무선 자원 할당 방법을 도기한 순서도이다.

[0026] 단계(110)에서 무선 OFDMA 시스템은 사용자 별 대역폭과 전력을 할당한다. 이때, 대역폭과 전력을 할당하는 알고리즘은 총 3가지로 정리할 수 있다.

[0027] 첫 번째 알고리즘

[0028] (1) 사용자 별 대역폭을 할당한다.

[0029] (1-1) 대역폭을 할당하기 위하여 각 사용자에게 동일한 전송 전력을 할당한다.

[0030] (1-2) i 번째 사용자의 요구되는 대역폭은 아웃이지(outage)을 위한 SNR(신호대잡음비) 문턱 값(threshold) (γ)를 만족해야 한다. 즉, i 번째 사용자의 요구되는 대역폭은 수학적 식 1과 같이 정의할 수 있다.

수학적 식 1

$$b_{req. i} = \frac{\frac{P}{N} \cdot g_i}{N_0 \cdot \gamma}$$

[0031]

[0032] 여기서, N 은 데이터를 전송하려는 사용자의 수, N_0 는 AWGN(부가 백색 가우스 잡음) 잡음 전력, γ 는 아웃이지를 위한 SNR 문턱 값, 그리고 g_i 는 i 번째 사용자의 전파 손실(path-loss)과 페이딩 채널을 포함하는 전력 상쇄 계수를 나타낸다.

[0033] (1-3) i 번째 사용자의 실질적인 할당 대역폭은 (1-2)에서 산출된 대역폭을 이용하여 수학적 식 2를 통해 산출한다.

수학적 식 2

$$b_i = \frac{b_{req,i}}{\sum_{i=1}^N b_{req,i}} \cdot B$$

[0034]

[0035] (2) 각 사용자에게 수학적 식 3에 의해 산출되는 전송 전력을 할당한다. 즉, i 번째 사용자에게 실질적으로 할당할 전송 전력을 산출한다.

수학적 식 3

$$p_i = \frac{g_i}{\sum g_i} \cdot P$$

[0036]

[0037] 두 번째 알고리즘

[0038] (1) 수학적 식 3에 의해 각 사용자에게 전송 전력을 할당한다.

[0039] (2) 사용자 별 대역폭을 할당한다.

[0040] (2-1) i 번째 사용자의 요구되는 대역폭을 수학적 식 4에 의해 산출한다.

수학적 식 4

$$b_{req. i} = \frac{p_i \cdot g_i}{N_0 \cdot \gamma}$$

[0041]

[0042] (2-2) i 번째 사용자의 실질적인 대역폭은 (2-1)에서 산출된 대역폭을 이용하여 수학적 식 2를 통해 산출한다.

[0043] 세 번째 알고리즘

[0044] (1) 수학적 식 3에 의해 각 사용자에게 전송 전력을 할당한다.

[0045] (2) 수학적 식 4에 의해 사용자 별 대역폭을 할당한다. 이때, 모든 사용자에게 할당된 총 대역폭이 시스템 대역폭 제한 값인 B보다 큰 경우 수학적 식 2를 사용하여 대역폭 정규화(normalization)를 수행한다.

[0046] 단계(120)에서 무선 OFDMA 시스템은 상기한 3가지 알고리즘 중 하나의 알고리즘을 사용하여 대역폭과 전력을 할당하는 경우 각 사용자에게 부채널을 할당한다. 각 사용자에게 할당할 부채널의 수는 수학적 식 5를 통해 계산한다.

수학적 식 5

$$N_i = \left\lceil \frac{b_i}{B_{sub}} \right\rceil$$

[0047]

[0048] 여기서, N_i 는 i 번째 사용자에게 할당되는 부채널의 수를, B_{sub} 는 부채널의 대역폭을 나타낸다.

[0049] 상기한 부채널 할당 알고리즘에서 각각의 사용자는 자신에게 할당된 부채널 N_i 에 대하여 채널 상황이 가장 좋은 부채널을 선택하지만 다수의 사용자가 같은 부채널을 선택하는 경우, 부채널 할당을 위한 우선권 결정 방식은 수학적 식 6에 의해 이루어진다.

수학적 식 6

$$\text{Priority}(n, i) = \frac{R_{n,i}}{\tilde{R}_i}$$

[0050]

[0051] 여기서, n 과 i 는 부채널과 사용자 인덱스, $R_{n,i}$ 는 i 사용자가 n 부채널에 전송 할 수 있는 비트수, 그리고 $\tilde{R}_i$ 는 i 사용자가 모든 부채널을 통해 전송할 시의 평균 비트수를 나타낸다.

[0052] 도 2는 셀 안에 5 명의 사용자가 균일하게 분포 되어있을 때, 본 실시예에서 제안한 대역폭 및 전력 할당 알고리즘을 사용하여 플랫 레일리(flat Rayleigh) 페이딩 채널 환경에서의 수율 손실률을 나타낸다. 도 2에 도시한 바와 같이, 두 번째와 세 번째 알고리즘은 첫 번째 알고리즘에 비해 성능이 향상됨을 알 수 있고, γ (outage를 위한 SNR 문턱 값)가 5dB 보다 큰 경우에는 세 번째 알고리즘이 두 번째 알고리즘보다 더 나은 성능을 나타낸다.

[0053] 도 3은 플랫 페이딩 채널 환경에서 본 실시예에서 제안한 대역폭 및 전력 할당 알고리즘의 outage 확률을 비교한 것이다. 거리에 따른 outage 성능을 확인하기 위해 사용자들의 위치를 $d(i)=0.2\text{km}$ 가 되도록 고정시킨다. 여기서, $d(i)$ 는 i 번째 사용자와 BS(기지국) 사이의 거리를 의미한다. 도 3에서 기존의 알고리즘(best UE 대역폭 및 전력 할당 방식)과 첫 번째 알고리즘을 통해 outage 확률은 사용자의 거리에 비례하는 것을 알 수 있다. 기존의 알고리즘의 경우 2 ~ 5번째 사용자는 높은 outage 확률을 가지며, 이로 인해 전체적인 시스템의 공정성(fairness)이 보장되지 않는다. 그러나, 첫 번째 알고리즘은 기존의 알고리즘에 비해 2 ~ 5 번째 사용자의 outage 확률을 감소시키고, 두 번째와 세 번째 알고리즘의 경우 모든 사용자의 outage 확률이 0.09% 와 0% 가 된다. 따라서, 본 실시예에서 제안한 대역폭 및 전력 할당 알고리즘은 모든 사용자가 데이터를 전송할 수 있는 기회를 똑같이 부여함으로써, outage 확률의 균형을 통해 전체적인 시스템의 공정성을 보장할 수 있다.

[0054] 도 4는 본 실시예에서 제안한 부채널 할당 알고리즘의 상대적 수율 증가율을 도시한 것이다. 도 4는 수학적 식 7을 통해 플랫 페이딩 채널과 30 km/h 의 이동속도를 갖는 ITU-R Veh-A 채널 환경에서의 수율 증가율을 나타낸다. 30km/h 의 이동속도를 갖는 ITU-R Veh-A 채널 환경에서 outage SNR 문턱 값이 0 dB일 때, 본 실시

예의 무선 자원 할당 방법을 사용함으로써 37%의 수율이 증가되지만, 플랫 페이딩 채널 환경에서는 채널의 주파수 선택성(selectivity)이 없기 때문에, 수율의 증가를 볼 수 없다.

수학식 7

$$Throughput_{Increase_ratio} = \frac{Throughput_{Proposed\ Sub-channel\ Allocation}}{Throughput_{Max\ Data\ Rate\ Sub-channel\ Allocation}} - 1$$

[0055]

[0056] 또한, RT 서비스를 위하여 본 실시예에서는 이기종 사용자간의 QoS(Quality of Service)를 보장하기 위해 새로운 무선 자원 할당 방법을 제공한다.

[0057] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 무선 OFDMA 시스템에서의 RT 서비스를 위한 무선 자원 할당 방법을 도시한 순서도이다.

[0058] 일실시예에 따른 무선 자원 할당 방법은 사용자 우선권 결정 단계(210)와 부채널 할당 단계(220)로 구성된다. 스케줄링 지연과 타겟(target) 데이터 전송률은 사용자 우선 순위 결정 단계(210)와 부채널 할당 단계(220)를 통해 보장된다.

[0059] 우선, 사용자 우선 순위 결정 단계(210)에서는 스케줄링 지연을 고려하여 각 사용자에게 따른 부채널 할당 순서를 결정한다. 결정된 순서에 따라 각 사용자의 부채널이 할당 된다.

[0060] 사용자 우선 순위는 수학식 8과 같이 결정된다.

수학식 8

$$User\ Priority = \frac{T_k}{T_k - t + 1} \cdot \frac{\tilde{R}_{ave,k}(t)}{\bar{R}_k(t)}$$

[0061]

[0062] 여기서, $\tilde{R}_{ave,k}(t)$ 은 k 번째 사용자가 하나의 부채널을 통해 전송할 수 있는 평균 데이터 전송률이다.

[0063] 다음으로, 부채널 할당 단계(220)에서는 사용자의 타겟 데이터 전송률을 만족하기 위한 새로운 부채널 할당 알고리즘을 제안한다. 여기서, 부채널 할당 알고리즘은 다음의 4 단계로 이루어진다.

[0064] (1) 각 사용자의 채널 상태 정보(Channel State Information)를 정렬한다.

[0065] (2) 채널 상태 정보를 통해 m 번째 사용자가 부채널 q 에서 채널 상황이 좋다고 한다면, 부채널 q 는 m 번째 사용자에게 할당된다. 또한, 다수의 사용자가 부채널 q 에서 채널 상황이 좋을 경우, 수학식 9를 통해 부채널 q 를 사용할 사용자를 결정한다.

수학식 9

$$Priority(q, k) = \frac{\tilde{R}_{q,k}(t)}{\tilde{R}_{ave,k}(t)}$$

[0066]

[0067] (3) m 번째 사용자가 타겟 데이터 전송률을 만족시킬 때까지 상기한 (2) 과정을 반복한다.

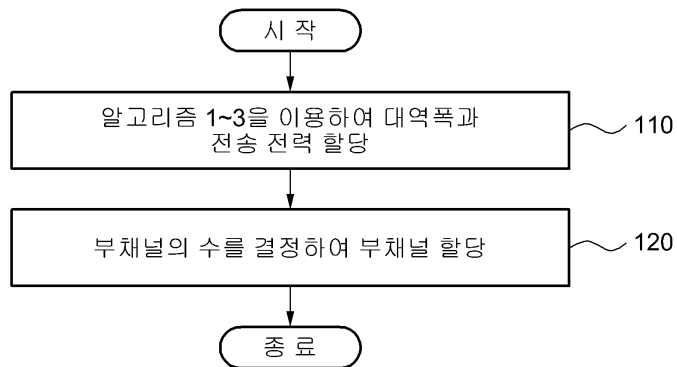
[0068] (4) 만약 m 번째 사용자의 타겟 데이터 전송률을 충족시키기 위한 부채널을 할당 받지 못한 상태이면, m 번째 사용자에게 의해 피드백 된 채널 상태 정보를 기반으로 할당되지 않은 부채널을 정렬한다. 이 후 타겟 데이터 전

송률을 충족시킬 때까지 높은 값의 채널 상태 정보를 갖는 부채널부터 순서대로 m 번째 사용자에게 할당한다.

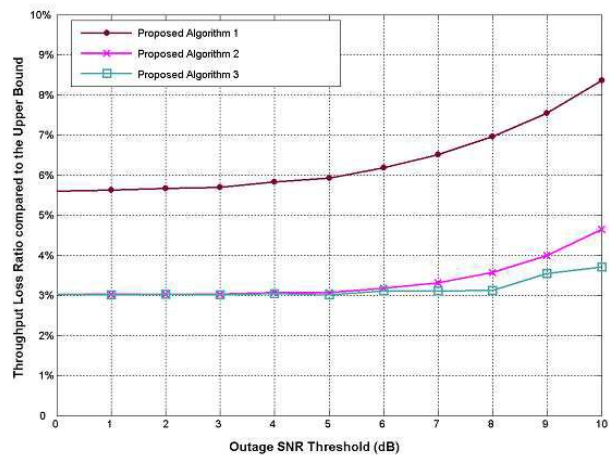
- [0069] 상기한 (1) 내지 (4) 과정으로 이루어진 부채널 할당 알고리즘은 도 6과 같이 정의할 수 있으며, 이는 OFDMA 시스템에서 주파수 다이버시티 이득과 다중 사용자 이득을 동시에 얻을 수 있다.
- [0070] 도 7은 본 실시예에서 사용자 우선권 결정 단계와 부채널 할당 단계로 이루어진 무선 자원 할당 방법의 사용자 데이터 전송률에 따른 CDF(누적분포함수)를 도시한 것이다. 도 7을 통해 본 실시예의 무선 자원 할당 방법이 사용자 클래스 1과 2의 타겟 데이터 전송률에 따른 CDF를 각각 28%, 8.5%만큼 향상됨을 알 수 있다. 또한, 전체적인 성능향상은 사용자의 타겟 데이터 전송률에 비례함을 알 수 있다.
- [0071] 도 8은 본 실시예에서 사용자 우선권 결정 단계와 부채널 할당 단계로 이루어진 무선 자원 할당 방법의 사용자 스케줄링 지연에 따른 CDF(누적분포함수)를 도시한 것이다. 도 8을 통해 본 실시예에서 제안한 무선 자원 할당 방법이 기존의 개선된 GPF 스케줄링 알고리즘보다 스케줄링에 의한 지연시간이 크다는 것을 알 수 있다. 이는 기존의 알고리즘이 부채널 순으로 스케줄링을 함으로써 더 많은 사용자가 동시에 데이터를 전송할 수 있기 때문에 본 실시예의 알고리즘보다 작은 스케줄링 지연을 갖는 것이다. 그러나, 본 실시예의 무선 자원 할당 방법은 스케줄링에 따른 지연시간이 요구사항을 만족하므로 시스템 성능 열화를 가져오지는 않는다. 따라서 본 실시예의 무선 자원 할당 방법은 지연시간 증가로 인해 성능 열화를 가져오지 않으면서 더 높은 데이터 전송률을 보장할 수 있다.
- [0072] 3GPP LTE-Advanced 시스템에서 Multi-hop 을 지원하기 위해 상기한 일실시예에 따른 무선 자원 할당 알고리즘을 적용할 수 있다.
- [0073] 최근에, BS 이외에 RS를 함께 사용함으로써 비용을 절감하면서 고속의 데이터 전송을 가능하게 하는 통신 시스템이 많은 연구를 통해 진행 중에 있으며, 3GPP LTE-Advanced 시스템 또한 이러한 RS를 통한 시스템 구축에 많은 관심을 갖고 있다. 이러한 RS의 설치로 인해 시스템의 전체적인 수율과 커버리지가 크게 증가하게 된다. RS를 설치할 때는 주파수 효율과 설치 비용, 그리고 최적의 RS 위치 등과 같은 여러 가지 요소들을 주의 깊게 분석하여 설치해야 한다. 또한, 새로운 RS 를 설치할 때 기존에 설치되어 있는 RS로 인한 몇 가지 문제들도 발생한다. 인밴드(Inband) RS의 경우, 다중홉(multi-hop) 사용자에게 데이터를 전송하기 위하여 릴레이를 위한 시간 슬롯이 사용되어야 하는데, 이로 인해 약간의 성능 열화가 발생하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 BS와 RS의 협력(cooperative) 전송이 고려되어야 한다. 아웃밴드(Outband) RS의 경우, 릴레이를 위한 추가적인 전송 주파수가 필요하게 되는데, 이로 인해 주파수 사용료가 증가하는 문제점이 발생하고, 송신과 수신을 동시에 수행하기 위한 하드웨어의 복잡도 및 비용 증가, 송신 안테나와 수신 안테나 사이의 간섭 문제 또한 발생하게 된다.
- [0074] 도 9는 3GPP LTE-Advanced 시스템의 넌트랜스패런트 RS에서 2홉을 지원하기 위해 제안된 무선 자원 관리 과정을 도시한 것이다. 트랜스패런트 RS의 경우에는 BE 서비스와 RT 서비스를 위한 일실시예에 따른 무선 자원 할당 방법을 기존에 설치된 트랜스패런트 RS와의 협력(cooperative) 전송을 고려함으로써 그대로 적용 가능하다.
- [0075] 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.
- [0076] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

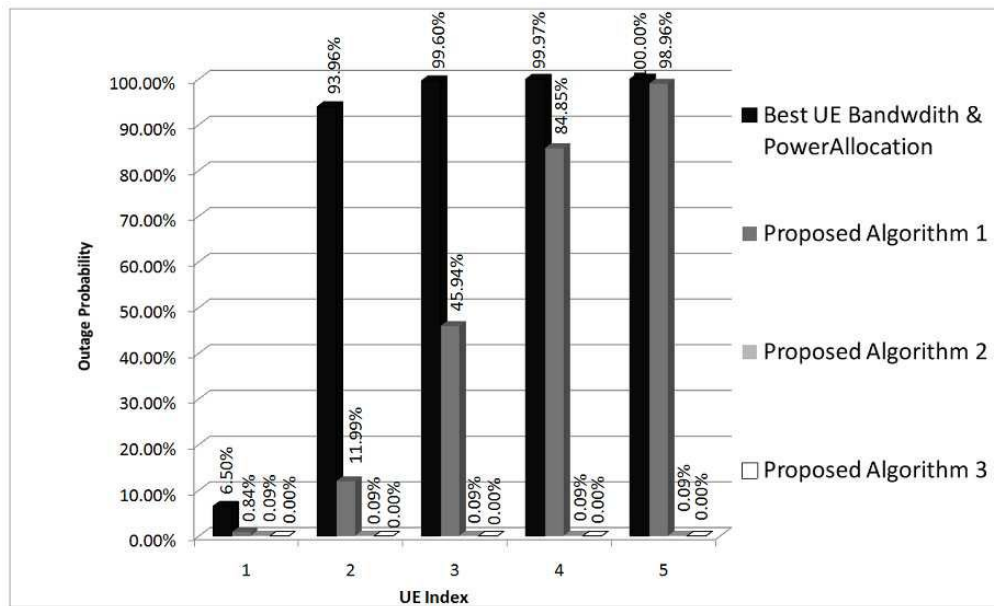
도면1



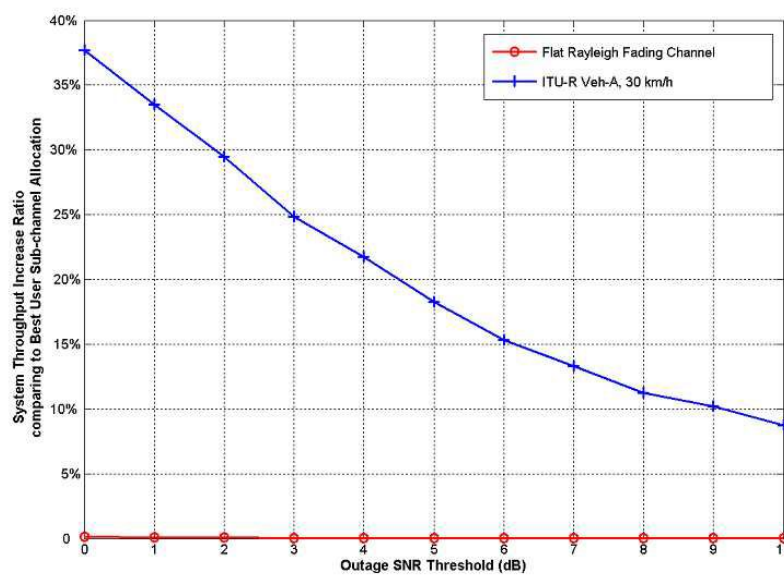
도면2



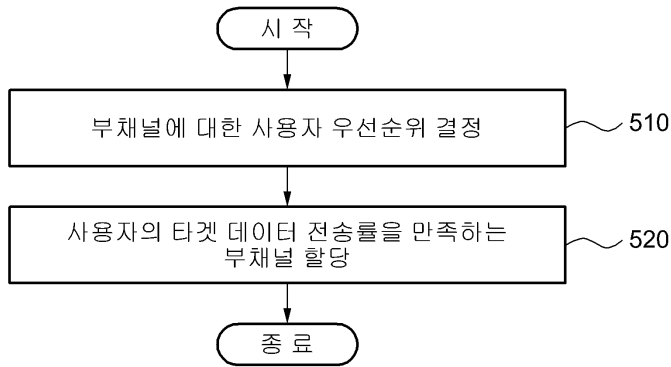
도면3



도면4



도면5



도면6

1. Initiation

$S = \{\text{Sub-channels available for allocation}\}$

m User whom the sub-channel should be allocated to

q Sub-channel Index

k User index

i Loop index

N_{sub} Total number of sub-channels

R_m Required data rate of user m

$\tilde{R}_{q,k}(t)$ Instantaneous number of Tx bits on sub-channel n for user i

$\tilde{R}_{ave,k}(t)$ Average number of Tx bits for user i

2. Sub-channel Allocation

Sort the CSI Feedback from each user in a descending order

While R_m is not met & the Loop Index $i < N_{sub}$

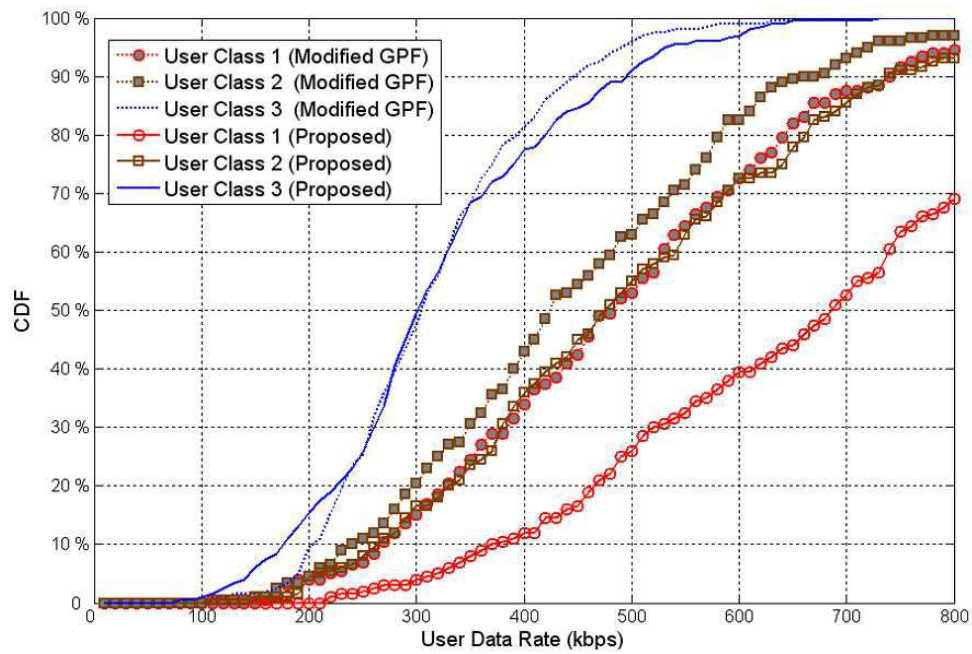
{ If only user m reports the q -th sub-channel as its i -th best one,
 then allocate the q -th sub-channel to user m ,
 update the required data rate R_m for user m ,
 $S = S \setminus \{q\}$;
 else if multiple users report the q -th sub-channel as their i -th best ones
 & user m has highest sub-channel selection priority
 $\text{Priority}(q,k) = \frac{R_{q,k}(t)}{\tilde{R}_{ave,k}(t)}$,
 then allocate the q -th sub-channel to user m ,
 update the required data rate R_m for user m ,
 $S = S \setminus \{q\}$.
 Loop Index $i++$;
 end

If $R_m > 0$,

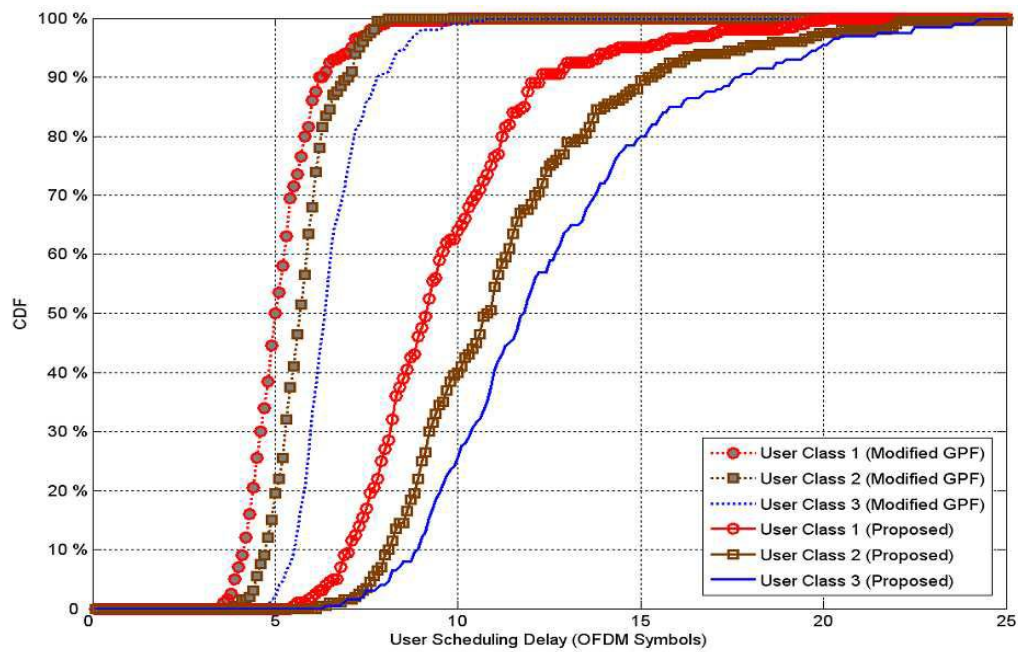
then allocate the available sub-channels in S to user m ,

in a descending order of user m ' CSI feedback until R_m is met.

도면7



도면8



도면9

