



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0071908
(43) 공개일자 2012년07월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 52/24 (2009.01) H04B 7/26 (2006.01)
H04W 16/32 (2009.01)
(21) 출원번호 10-2010-0133637
(22) 출원일자 2010년12월23일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
한국전자통신연구원
대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)
(72) 발명자
김형섭
서울특별시 송파구 올림픽로 435, 시영아파트 80동 203호 (신천동)
김영진
대전광역시 서구 청사로 70, 누리 아파트 107동 1401호 (월평동)
신연승
대전광역시 유성구 어은로 57, 117동 1104호 (어은동, 한빛아파트)
(74) 대리인
특허법인이상

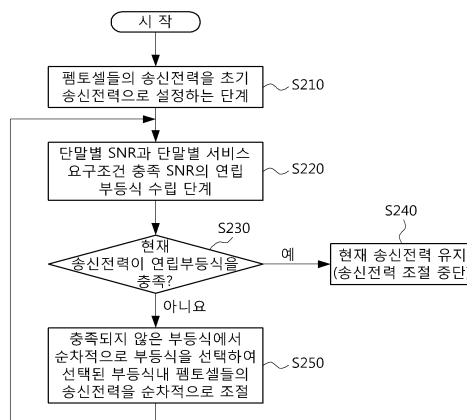
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **팹토셀의 간섭 제어를 위한 송신 전력 제어 방법**

(57) 요약

팹토셀의 간섭 제어를 위한 송신 전력 제어 방법이 개시된다. 본 발명에 따른 방법은, (a) 팹토셀들의 송신 전력을 초기 송신 전력으로 설정하고, (b) I개의 사용자 단말 각각이 수신하는 신호대간섭비와 각 단말의 서비스 요구 조건을 충족하는 신호대간섭비 간의 부등식을 I개의 연립 부등식으로 수립하고, (c) 연립 부등식을 구성하는 부등식의 충족여부를 판별하며, (d) 상기 (c)단계에서 모든 부등식이 충족되면 현재 조절된 송신 전력을 유지하고 팹토셀들의 송신전력 조절을 중단하는 단계들을 포함하고, (c)단계에서 적어도 일부의 부등식이 충족되지 않으면 상기 적어도 일부의 부등식에서 순차적으로 하나씩의 부등식을 선택하여 상기 부등식에 존재하는 팹토셀들의 송신전력 항들에서 하나씩의 송신전력을 조절하면서, (c)와 (d)단계를 반복하는 것에 의해서 수행된다. 이와 같은 휴리스틱한 방법을 이용하는 것에 의해서 이종 네트워크 환경에서 매크로셀 내부 사용자들에 간섭을 미칠 수 있는 팹토셀들의 송신 전력을 효율적으로 제어함으로써 매크로셀 내부 사용자들의 서비스 품질을 향상 시킬 수 있다

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	KI001484
부처명	지식경제부/방송통신위원회
연구사업명	정보통신산업원천기술개발사업
연구과제명	차세대 이동통신 서비스 플랫폼 개발
주관기관	한국전자통신연구원
연구기간	2010.01.01 ~ 2010.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

M(M은 자연수)개의 매크로셀과 F(F는 자연수)개의 펠로셀이 중첩되어 있는 이중 네트워크 환경에서 상기 M개의 매크로셀 중 하나(매크로셀 m)의 매크로셀로부터 서비스 중인 I(I는 자연수)개의 사용자 단말(i=1, ..., I)이 존재할 경우, 상기 펠로셀들의 송신 전력 제어 방법으로,

- (a) 상기 펠로셀들의 송신 전력을 초기 송신 전력으로 설정하는 단계;
- (b) 상기 I개의 사용자 단말 각각이 수신하는 신호대간섭비(SIR; Signal to Interference Ratio)와 각 단말의 서비스 요구 조건을 충족하는 신호대간섭비 간의 부등식을 I개의 연립 부등식으로 수립하는 단계;
- (c) 상기 연립 부등식을 구성하는 부등식의 충족여부를 판별하는 단계; 및
- (d) 상기 (c)단계에서 모든 부등식이 충족되면 현재 조절된 송신 전력을 유지하고 펠로셀들의 송신전력 조절을 중단하는 단계를 포함하고,

상기 (c)단계에서 적어도 일부의 부등식이 충족되지 않으면 상기 적어도 일부의 부등식에서 순차적으로 하나씩의 부등식을 선택하여 상기 부등식에 존재하는 펠로셀들의 송신전력 항들에서 하나씩의 송신전력을 조절하면서, 상기 (c)와 (d)단계를 반복하는 것을 특징으로 하는 펠로셀의 송신 전력 제어 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 펠로셀들의 송신 전력을 초기 송신 전력으로 설정하는 단계에서 상기 초기 송신 전력은 상기 펠로셀들 각각으로부터의 소정 거리에서 매크로셀로부터 오는 수신신호세기와 상기 펠로셀로부터의 수신신호세기가 동일한 수준을 유지하도록 하는 송신전력인 것을 특징으로 하는 펠로셀의 송신 전력 제어 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 (b) 단계에서 상기 I개의 사용자 단말 각각이 수신하는 신호대간섭비(SIR; Signal to Interference Ratio)는 하기 수학적식에 의해서 정의되는 것을 특징으로 하는 펠로셀의 송신 전력 제어 방법.

$$SIR = \frac{P_{mi}g_{mi}}{\sum_{k=1, k \neq m}^M p_{ki}g_{ki} + \sum_{k=1}^F p_{ki}^f g_{ki}^f + N}$$

(여기에서, M은 매크로셀의 수, F는 펠로셀의 수, I는 사용자의 수, N은 열잡음, p_{mi} 은 매크로셀 기지국 m과

단말 i사이의 송신 전력, g_{mi} 는 매크로셀 기지국 m과 단말 i사이의 경로 이득(path gain), p_{ki}^f 은 펠로셀 k

와 단말 i사이의 송신 전력, g_{ki}^f 는 펠로셀 k와 단말 i사이의 경로 이득으로 정의됨)

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 (b) 단계에서 상기 I개의 연립 부등식은 하기 수학적식과 같이 정의되는 것을 특징으로 하는 펠로셀의 송신 전력 제어 방법.

$$\sum_{k=1}^F p_{k1}^f g_{k1}^f \leq \frac{p_{m1} g_{m1}}{\gamma_1} - N - \sum_{k=1, k \neq m}^M p_{k1} g_{k1}$$

$$\sum_{k=1}^F p_{k2}^f g_{k2}^f \leq \frac{p_{m2} g_{m2}}{\gamma_2} - N - \sum_{k=1, k \neq m}^M p_{k2} g_{k2}$$

$$\vdots$$

$$\sum_{k=1}^F p_{kI}^f g_{kI}^f \leq \frac{p_{mI} g_{mI}}{\gamma_I} - N - \sum_{k=1, k \neq m}^M p_{kI} g_{kI}$$

(여기에서, γ_i 는 각 단말 별로 단말의 서비스 요구 조건을 충족하는 신호대간섭비임)

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 (c)단계에서 적어도 일부의 부등식이 충족되지 않으면 상기 적어도 일부의 부등식에서 순차적으로 하나씩의 부등식을 선택할 경우에, 서비스 요구 조건을 충족하기 위한 신호대간섭비가 큰 단말(i)의 순서로 부등식을 선택하는 것을 특징으로 하는 펌토셀의 송신 전력 제어 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 (c)단계에서 적어도 일부의 부등식이 충족되지 않으면 상기 적어도 일부의 부등식에서 순차적으로 하나씩의 부등식을 선택하여 상기 부등식에 존재하는 펌토셀들의 송신전력 항들에서 하나씩의 송신전력을 조절할 경우에 상기 단말(i)에 미치는 영향이 큰 펌토셀의 송신전력 순으로 송신전력을 조절하는 것을 특징으로 하는 펌토셀의 송신 전력 제어 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 단말(i)에 미치는 영향이 큰 펌토셀을 판단하는 것은 단말(i)과 펌토셀의 거리를 토대로 판단하는 것을 특징으로 하는 펌토셀의 송신 전력 제어 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 단말(i)과 펌토셀의 거리는 상기 단말(i)에 구비된 GPS 장치로부터 얻어진 단말(i)의 위치와 상기 펌토셀에 구비된 GPS 장치로부터 얻어진 펌토셀의 위치 또는 상기 펌토셀의 알려진 위치를 토대로 계산되는 것을 특징으로 하는 펌토셀의 송신 전력 제어 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 이동통신 시스템의 셀간 간섭 제어 기술에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 펌토셀과 매크로셀이 중첩된 이중 네트워크 환경에서 펌토셀의 송신 전력을 제어하여 매크로셀의 성능을 향상시키는 송신 전력 제어 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 가정집이나 작은 사무실 등에서 독립적인 네트워크를 구축하여 운영하는 방식이 새로운 기술로 부각되고 있다.

[0003] 작은 크기의 펌토셀 수준의 네트워크는 기지국과의 각 이동 단말기 사이의 거리가 매우 짧기 때문에 고효율의 성능을 보일 수 있을 뿐더러 그것을 전개하고 운영하는데 있어서 기존의 매크로 셀과 비교 했을 때 매우 큰

용이성이 있다는 장점이 있다.

[0004] 펠토셀과 매크로 셀간의 주파수 할당 방안은 크게 두 가지로 구분된다. 하나는 매크로셀과 펠토셀이 동일한 주파수 대역을 공유하는 방식인 공통 채널 주파수 할당 방식(co-channel frequency allocation scheme)과 시스템의 전체 주파수 대역을 매크로 셀과 펠토셀이 서로 겹치지 않도록 나눠서 사용하는 방식인 직교 채널 주파수 할당 방식(orthogonal channel frequency allocation scheme)이다.

[0005] 전자의 경우는 매크로셀과 펠토셀 간의 간섭이 존재하는 반면 주파수의 사용률이 높은 장점이 있는 반면, 후자의 경우는 시스템의 전체 주파수 대역을 매크로 셀과 펠토셀 간의 간섭이 존재하지 않으나 주파수 사용 효율성이 떨어진다는 단점이 있다.

[0006] 즉, 공통 채널 주파수 할당 방식(co-channel frequency allocation scheme)의 경우에는 매크로셀과 펠토셀 상호간의 간섭을 해결하는 것이 중요한 문제가 된다. 특히, 매크로셀과 펠토셀 각각의 기지국의 송신 전력의 차이가 있지만, 상대적인 거리 때문에 펠토셀이 매크로셀로부터 받는 간섭은 무시할만한 수준이라 할 수 있지만, 매크로셀이 펠토셀로부터 받는 간섭의 경우가 문제가 될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은, 매크로셀과 펠토셀이 중첩된 이중 네트워크 환경에서 매크로셀 내부 사용자들에 간섭을 미칠 수 있는 펠토셀들의 송신 전력을 효율적으로 제어함으로써 매크로셀 내부 사용자들의 서비스 품질을 향상시킬 수 있는 펠토셀의 송신 전력 제어 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은, M(M은 자연수)개의 매크로셀과 F(F는 자연수)개의 펠토셀이 중첩되어 있는 이중 네트워크 환경에서 상기 M개의 매크로셀 중 하나(매크로셀 m)의 매크로셀로부터 서비스 중인 I(I는 자연수)개의 사용자 단말(i=1, ..., I)이 존재할 경우, 상기 펠토셀들의 송신 전력 제어 방법으로, (a) 상기 펠토셀들의 송신 전력을 초기 송신 전력으로 설정하는 단계, (b) 상기 I개의 사용자 단말 각각이 수신하는 신호대간섭비(SIR; Signal to Interference Ratio)와 각 단말의 서비스 요구 조건을 충족하는 신호대간섭비 간의 부등식을 I개의 연립 부등식으로 수립하는 단계, (c) 상기 연립 부등식을 구성하는 부등식의 충족여부를 판별하는 단계 및 (d) 상기 (c)단계에서 모든 부등식이 충족되면 현재 조절된 송신 전력을 유지하고 펠토셀들의 송신전력 조절을 중단하는 단계를 포함하고, 상기 (c)단계에서 적어도 일부의 부등식이 충족되지 않으면 상기 적어도 일부의 부등식에서 순차적으로 하나씩의 부등식을 선택하여 상기 부등식에 존재하는 펠토셀들의 송신전력 향등에서 하나씩의 송신전력을 조절하면서, 상기 (c)와 (d)단계를 반복하는 것을 특징으로 하는 펠토셀의 송신 전력 제어 방법을 제공한다.

[0009] 여기에서, 상기 펠토셀들의 송신 전력을 초기 송신 전력으로 설정하는 단계에서 상기 초기 송신 전력은 상기 펠토셀들 각각으로부터의 소정 거리에서 매크로셀로부터 오는 수신신호세기와 상기 펠토셀로부터의 수신신호 세기가 동일한 수준을 유지하도록 하는 송신전력일 수 있다.

[0010] 여기에서, 상기 (b) 단계에서 상기 I개의 사용자 단말 각각이 수신하는 신호대간섭비(SIR; Signal to Interference Ratio)는 하기 수학식에 의해서 정의될 수 있다.

$$SIR = \frac{p_{mi} g_{mi}}{\sum_{k=1, k \neq m}^M p_{ki} g_{ki} + \sum_{k=1}^F p_{ki}^f g_{ki}^f + N}$$

[0011]

[0012] (이때, M은 매크로셀의 수, F는 펠토셀의 수, I는 사용자의 수, N은 열잡음, p_{mi} 는 매크로셀 기지국 m과 단말

i사이의 송신 전력, g_{mi} 는 매크로셀 기지국 m과 단말 i사이의 경로 이득(path gain), p_{ki}^f 은 펠토셀 k와 단

말 i사이의 송신 전력, g_{ki}^f 는 펠토셀 k와 단말 i사이의 경로 이득으로 정의됨)

[0013] 또한, 여기에서, 상기 (b) 단계에서 상기 I개의 연립 부등식은 하기 수학적식과 같이 정의될 수 있다.

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^F p_{k1}^f g_{k1}^f &\leq \frac{P_{m1} g_{m1}}{\gamma_1} - N - \sum_{k=1, k \neq m}^M p_{k1} g_{k1} \\ \sum_{k=1}^F p_{k2}^f g_{k2}^f &\leq \frac{P_{m2} g_{m2}}{\gamma_2} - N - \sum_{k=1, k \neq m}^M p_{k2} g_{k2} \\ &\vdots \\ \sum_{k=1}^F p_{kI}^f g_{kI}^f &\leq \frac{P_{mI} g_{mI}}{\gamma_I} - N - \sum_{k=1, k \neq m}^M p_{kI} g_{kI} \end{aligned}$$

[0014]

(이때, γ_i 는 각 단말 별로 단말의 서비스 요구 조건을 충족하는 신호대간섭비임)

[0015]

여기에서, 상기 (c)단계에서 적어도 일부의 부등식이 충족되지 않으면 상기 적어도 일부의 부등식에서 순차적으로 하나씩의 부등식을 선택할 경우에, 서비스 요구 조건을 충족하기 위한 신호대간섭비가 큰 단말(i)의 순서로 부등식을 선택하도록 구성될 수 있다.

[0016]

여기에서, 상기 (c)단계에서 적어도 일부의 부등식이 충족되지 않으면 상기 적어도 일부의 부등식에서 순차적으로 하나씩의 부등식을 선택하여 상기 부등식에 존재하는 펠토셀들의 송신전력 항들에서 하나씩의 송신전력을 조절할 경우에 상기 단말(i)에 미치는 영향이 큰 펠토셀의 송신전력 순으로 송신전력을 조절하도록 구성될 수 있다. 이때, 상기 단말(i)에 미치는 영향이 큰 펠토셀을 판단하는 것은 단말(i)과 펠토셀의 거리를 토대로 판단하도록 구성될 수 있다. 이때, 상기 단말(i)과 펠토셀의 거리는 상기 단말(i)에 구비된 GPS 장치로부터 얻어진 단말(i)의 위치와 상기 펠토셀에 구비된 GPS 장치로부터 얻어진 펠토셀의 위치 또는 상기 펠토셀의 알려진 위치를 토대로 계산될 수 있다.

[0017]

발명의 효과

[0018]

상기와 같은 본 발명에 따른 송신 전력 제어 기법을 이용할 경우에는 매크로셀과 펠토셀이 중첩된 이중 네트워크 환경에서 매크로셀 내부 사용자들에 간섭을 미칠 수 있는 펠토셀들의 송신 전력을 효율적으로 제어함으로써 매크로셀 내부 사용자들의 서비스 품질을 향상 시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019]

도 1은 본 발명에 따른 송신 전력 제어 방법이 가정하는 환경을 설명하기 위한 개념도이다.

도 2는 본 발명에 따른 펠토셀의 송신 전력 제어 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020]

본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0021]

제1, 제2, A, B 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0022]

어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소

에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0023] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0024] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0025] 본 출원에서 사용하는 '단말'은 이동국(MS), 사용자 장비(UE; User Equipment), 사용자 터미널(UT; User Terminal), 무선 터미널, 액세스 터미널(AT), 터미널, 가입자 유닛(Subscriber Unit), 가입자 스테이션(SS; Subscriber Station), 무선 기기(wireless device), 무선 통신 디바이스, 무선송수신유닛(WTRU; Wireless Transmit/Receive Unit), 이동 노드, 모바일 또는 다른 용어들로서 지칭될 수 있다. 단말의 다양한 실시예들은 셀룰러 전화기, 무선 통신 기능을 가지는 스마트폰, 무선 통신 기능을 가지는 개인 휴대용 단말기(PDA), 무선 모뎀, 무선 통신 기능을 가지는 휴대용 컴퓨터, 무선 통신 기능을 가지는 디지털 카메라와 같은 촬영장치, 무선 통신 기능을 가지는 게이밍 장치, 무선 통신 기능을 가지는 음악저장 및 재생 가전제품, 무선 인터넷 접속 및 브라우징이 가능한 인터넷 가전제품뿐만 아니라 그러한 기능들의 조합들을 통합하고 있는 휴대형 유닛 또는 단말기들을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0026] 본 출원에서 사용하는 '기지국'은 일반적으로 단말과 통신하는 고정되거나 이동하는 지점을 말하며, 베이스 스테이션(base station), 노드-B(Node-B), e노드-B(eNode-B), BTS(base transceiver system), 액세스 포인트(access point), 릴레이(relay) 및 펌토셀(femto-cell) 등을 통칭하는 용어일 수 있다.

[0027] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0028] 본 발명은 매크로셀과 그 내부에 다수의 펌토셀이 중첩되어 있는 환경으로서, 공통 채널 주파수 할당 방식으로 매크로셀과 펌토셀이 혼재하는 이종 네트워크(heterogeneous network) 환경을 가정한다

[0029] 도 1은 본 발명에 따른 송신 전력 제어 방법이 가정하는 환경을 설명하기 위한 개념도이다.

[0030] 도 1을 참조하면, 본 발명의 방법이 가정하는 환경은 인접한 매크로 셀(11, 12)가 존재하고, 매크로 셀(11)의 커버리지 내에 다수의 펌토셀(13, 14, 15)가 존재하며, 단말(20)은 매크로 셀(1)로부터 서비스를 제공받지만 인접한 매크로 셀(12) 및 펌토셀들(13, 14, 15)로부터 간섭을 받는 환경을 상정한다.

[0031] 도 1에서 매크로 셀(11)로부터 단말(20)로 연결된 선(21)은 신호(signal)을 의미하며, 매크로셀 (12) 및 펌토셀(13, 14, 15)로부터 단말(20)로 연결된 선(22, 23, 24, 25)는 간섭(interference)을 의미한다.

[0032] 즉, 매크로셀(11)로부터 서비스(하향링크)를 제공 받고 있는 단말(20)은 같은 채널을 사용하고 있는 해당 매크로셀 내부의 다수의 펌토셀들(13, 14, 15)과 인접한 매크로셀(12)로부터의 간섭 영향을 받게 되어 서비스 품질의 저하를 초래하게 된다.

[0033] 펌토셀의 경우 그 반경이 수 미터 이내의 셀로서 기지국과 단말의 거리가 매크로셀에 비해 상대적으로 매우 가깝기 때문에 매크로셀로부터의 간섭은 상대적으로 작다고 할 수 있다. 즉 매크로셀과 펌토셀간의 간섭제어는 주로 매크로셀의 단말이 펌토셀로부터 받는 간섭에 대한 제어가 그 대상이라 할 수 있다.

[0034] 송신 전력 벡터 산출의 문제

[0035] 펌토셀과 외부 매크로 셀로부터의 간섭이 존재하는 환경하에서 매크로셀로부터 다운로드 서비스를 이용하는 단말(i)의 신호대간섭비(SIR; Signal to Interference Ratio)는 하기 수학식 1과 같이 주어진다.

[0036] [수학식 1]

$$SIR = \frac{p_{mi}g_{mi}}{\sum_{k=1, k \neq m}^M p_{ki}g_{ki} + \sum_{k=1}^F p_{ki}^f g_{ki}^f + N}$$

[0037]

[0038] 여기에서, M은 매크로셀의 수, F는 펌토셀의 수, I는 사용자의 수, N은 열잡음, p_{mi} 은 매크로셀 기지국 m과 단말 i사이의 송신 전력, g_{mi} 는 매크로셀 기지국 m과 단말 i사이의 경로 이득(path gain), p_{ki}^f 은 펌토셀 k와 단말 i사이의 송신 전력, g_{ki}^f 는 펌토셀 k와 단말 i사이의 경로 이득으로 정의된다.

[0039] 각 사용자는 서비스 특징에 따라 자신이 요구하는 최소한의 서비스 수준이 있다. 이를 각 사용자 별로 γ_i 라 한다. 따라서 상기 수학식 1은 아래와 같은 수학식 2의 부등식을 만족해야한다.

[0040] [수학식 2]

$$SIR = \frac{p_{mi}g_{mi}}{\sum_{k=1, k \neq m}^M p_{ki}g_{ki} + \sum_{k=1}^F p_{ki}^f g_{ki}^f + N} \geq \gamma_i$$

[0041]

[0042] 상기 수학식 2를 간섭항($\sum_{k=1, k \neq m}^M p_{ki}g_{ki} + \sum_{k=1}^F p_{ki}^f g_{ki}^f$)에 대하여 전개 하면 다음의 수학식 3과 같다.

[0043] [수학식 3]

$$\sum_{k=1, k \neq m}^M p_{ki}g_{ki} + \sum_{k=1}^F p_{ki}^f g_{ki}^f \leq \frac{p_{mi}g_{mi}}{\gamma_i} - N$$

[0044]

[0045] 수학식 3은 펌토셀로부터의 간섭이 없다면, 기존의 이동통신 시스템에서 사용자의 기본적인 서비스 수준을 만족시켜주기 위한 가장 기본이 되는 전력제어를 위한 공식이다.

[0046] 본 발명은 펌토셀의 송신 전력을 제어하여 매크로셀로부터 서비스를 제공받는 사용자(단말)의 서비스 품질을 높이는 것을 목적으로 하므로 상기 식에 있어서 매크로셀의 송신 전력, p_{ki} 는 변수가 아닌 상수로 취급

된다.

[0047] 상기 수학적 식 3을 다시 펨토셀로부터의 간섭 항, $\sum_{k=1}^F p_{ki}^f g_{ki}^f$ 에 대해서 정리 한 후, 모든 사용자($i=1, \dots, I$)에 대한 부등식을 전개 하면 아래 수학적 식 4와 같은 연립 부등식을 얻게 된다.

[0048] [수학적 식 4]

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^F p_{k1}^f g_{k1}^f &\leq \frac{P_{m1} g_{m1}}{\gamma_1} - N - \sum_{k=1, k \neq m}^M p_{k1} g_{k1} \\ \sum_{k=1}^F p_{k2}^f g_{k2}^f &\leq \frac{P_{m2} g_{m2}}{\gamma_2} - N - \sum_{k=1, k \neq m}^M p_{k2} g_{k2} \\ &\vdots \\ \sum_{k=1}^F p_{kI}^f g_{kI}^f &\leq \frac{P_{mI} g_{mI}}{\gamma_I} - N - \sum_{k=1, k \neq m}^M p_{kI} g_{kI} \end{aligned}$$

[0050] 상기 연립부등식(수학적 식 4)을 풀면 펨토셀들($k=1, \dots, F$)의 송신 전력 벡터를 구할 수 있다. 하지만 상기 연립부등식을 풀어서 펨토셀들의 송신 전력 벡터를 구하는 데에는 두 가지 문제점이 있다.

[0051] 첫 번째 문제는, 펨토셀의 수보다 매크로셀에 접속된 사용자(단말)의 수가 더 많은 경우에 부등식의 해를 구할 수 없다는 문제이다. 만약, 상술된 기본적인 송신 전력 제어의 수식 전개를 이용하여 매크로셀의 송신 전력 벡터를 구한다고 가정한다면, 상기 수학적 식 4와 같이 전개를 했을 경우 M원 연립부등식이 전개 되며 총 M개의 부등식이 생긴다. 이러한 경우 역 행렬의 존재 유무를 통하여 매크로셀 파워벡터의 가능해 존재를 파악할 수 있고, 해가 존재 한다면 어렵지 않게 그 값을 도출할 수 있다. 하지만 수학적 식 4를 통해서 우리가 원하는 값은 펨토셀의 송신 전력 벡터이므로 부등식의 수는 사용자(단말)의 수가 되므로 펨토셀의 수가 사용자의 수보다 많은 경우엔 문제를 풀 수 없는 경우가 발생하게 된다.

[0052] 두 번째 문제는, 수학적 식 3에서 수학적 식 4로 전개 하는 과정이 수식으로써는 가능하나 현실의 운영상에서는 매우 어려운 일이다. 각 단말이 얼마만큼의 간섭을 겪고 있는지의 간섭의 총량은 판단할 수 있지만, 그 간섭의 총량에 있어서 매크로셀로부터의 간섭과 펨토셀로부터의 간섭이 분리하여 파악해 내는 것은 매우 어렵다.

[0053] **본 발명에 따른 휴리스틱 송신 전력 벡터 산출 방식**

[0054] 본 발명은 휴리스틱(heuristic) 방식으로 상기 수학적 식 4를 만족하는 펨토셀의 송신 전력 벡터를 도출하는 방법을 제안한다.

[0055] 일반적으로 펨토셀의 초기 송신 전력의 세기를 결정하는 방식은 하기 수학적 식 5와 같은 방식을 생각할 수 있다. 물론, 하기 수학적 식 5는 펨토셀의 초기 송신 전력을 구하는 하나의 예를 설명하기 위한 것으로, 펨토셀의 초기 송신 전력을 결정하는 방식은 반드시 하기 수학적 식 5의 경우로 한정되지는 않는다.

[0056] [수학적 식 5]

$$P_{femto} = \min(P_{macro}, P_{max})$$

[0058] 즉, 수학적 식 5의 방식은 펨토셀들 각각으로부터의 소정 거리에서 매크로셀로부터 오는 수신신호세기와 상기 펨

토셀로부터의 수신신호세기가 동일한 수준을 유지하도록 하는 송신전력을 초기 송신전력을 결정하는 방식이다. 예컨대, 펠토셀의 반경을 약 10미터 정도로 가정한다면 상기 소정 거리는 10미터가 될 수 있다. 이때, P_{macro} 는 실제로는 매크로셀로부터의 수신세기에 기타 다른 파라미터가 고려되나 본 발명에서는 자세히 다루지 않는다(펠토셀의 중심으로부터 10미터 거리에 있는 사용자에게 매크로셀의 수신세기와 동일한 수신세기를 갖도록 하는 펠토셀의 송신전력으로 해석한다).

[0059] 우선 각 펠토셀 기지국은 상기 수학식 5에 따라서 자신의 송신전력을 결정한다. 이렇게 결정된 값을 상기 수학식 4의 연립부등식에 대입한다. 그 결과가 모든 부등식을 만족하는 경우라면 각 펠토셀은 수학식 5에 따라서 결정된 송신전력을 그대로 사용한다.

[0060] 만약 수학식 4의 연립부등식에서 적어도 일부의 부등식이 만족 하지 않는 경우(i번째 부등식이 성립하지 않는다면 i번째 단말의 서비스가 충족되고 있지 않다라는 의미임)가 발생한다면 펠토셀들은 자신의 송신전력을 재조절하여 매크로셀 단말의 서비스 품질을 높여줄 필요가 있다.

[0061] I개의 부등식 중 하나 이상의 부등식이 성립하지 않았다고 가정한다면, 펠토셀 송신전력을 위하여 가장 우선

적으로 대상이 되어야 할 단말은 서비스요구조건(γ_i) 값이 가장 큰 단말일 수 있다(값이 가장 크다는 의미는 시스템의 제약 조건이 가장 큰 것을 의미할 수도 있음). i번째 단말의 값이 가장 크며 부등식을 만족하지 않는다고 가정한다면, 수학식 4의 연립부등식에서 값이 가장 큰 부등식을 하기 수학식 6과 같이 전개할 수 있다.

$$p_{1i}^f g_{1i}^f + p_{2i}^f g_{2i}^f + p_{3i}^f g_{3i}^f + \dots + p_{Fi}^f g_{Fi}^f \leq \frac{P_{mi} g_{mi}}{\gamma_i} - N - \sum_{k=1, k \neq m} p_{ki} g_{ki}$$

[0062] [수학식6]

[0063] 상기 수학식 6의 좌항은 각 펠토셀 기준에서는 가능해이나 수학식 6과 시스템 전체의 관점에서는 가능한 솔루션이 아니라 할 수 있다. 수학식 6이 만족이 되기 위해서는 좌항의 값을 줄여줄 필요가 있다. 즉, 수학식 6에 있어서 특정 펠토셀의 송신전력을 줄어도 수학식 4를 만족하는 기타 다른 부등식에는 아무런 영향을 끼치지 않으므로 수학식 6에 있어서 좌항의 값을 줄여주는 것은 시스템 전체에 있어서 아무런 문제가 되지 않는다.

[0064] 이때에는, 단말 i에게 가장 큰 영향을 끼치는 펠토셀을 찾아낸다. 이는 단말 i의 위치에 가장 근접해 있는 펠토셀일 가능성이 높다. 펠토셀과 단말i간의 거리는 단말과 펠토셀에 구비된 GPS 장치를 이용하여 파악된 단말과 펠토셀의 위치를 통해서도 산출이 가능하며, 펠토셀의 알려진 위치를 이용할 수도 있다.

[0065] 단말i에 가장 큰 영향을 미치는 펠토셀을 펠토셀(k)라 가정하면, 펠토셀(k)의 송신전력을 아래의 수학식 7을 통하여 도출한다.

[0066] [수학식 7]

$$p_{ki}^f g_{ki}^f = \frac{P_{mi} g_{mi}}{\gamma_i} - N - \sum_{k=1, k \neq m}^M p_{ki} g_{ki} - (p_{1i}^f g_{1i}^f + p_{2i}^f g_{2i}^f + \dots + p_{Fi}^f g_{Fi}^f)$$

[0067]

[0068] 만약 P_{ki}^f 값이 0이하가 된다면 이는 해당 펠토셀을 그 순간 shut down 시켜야 함을 의미한다. 또한 펠토셀 k 만에 대한 제어만으로는 단말 i의 서비스 품질을 충족 시켜줄 수 없음을 의미한다. 즉, 펠토셀 k의 송신전력을 완전히 꺼버리더라도 상기 수학식 7의 부등식을 만족할 수 없으므로 다른 펠토셀에 대한 송신전력에 대한 제어가 추가적으로 필요함을 의미한다.

$$p_{ki}^f = 0$$

[0069] 이 경우에는 단말 i에게 펠토셀 k 다음으로 가까운 펠토셀을 찾아내 인 상태에서 수학식 7을 다시 계산한다. 이러한 방식을 통하여 새롭게 결정된 펠토셀의 송신전력 파워 벡터 값을 수학식 4에 대입하여 다시 부등식을 계산한다. 이제 가장 큰 서비스 품질을 요청했던 사용자 i는 충족 시켜주게 된다.

[0070] 수학식 5에 의해서 계산된 연립부등식 중 하나 이상의 부등식이 만족하지 않을 수 있다라고 가정하였다. 요구하는 서비스 품질이 가장 높았던 i에 대한 문제가 해결 된 상태에서 그 다음 대상은 두 번째로 높은 서비스 품질을 요구하는 사용자 j가 된다. 사용자 i의 경우와 마찬가지로 수학식 6 및 7을 사용하여 서비스 품질을 만족하는 펠토셀의 파워벡터를 구할 수 있다. (또는 이미 i에 대한 문제를 푸는 과정에서 다수의 펠토셀의 송신전력의 크기가 작아졌으므로 동시에 문제가 해결 될 수도 있다.)

[0071] 이러한 방식을 통하여 모든 사용자들에게 펠토셀로부터 끼치는 간섭을 최소화 하여 각 사용자가 요구하는 서비스 품질을 모두 충족 시켜줄 수 있다.

[0072] **본 발명에 따른 펠토셀의 송신 전력 제어 방법**

[0073] 도 2는 본 발명에 따른 펠토셀의 송신 전력 제어 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[0074] 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 송신 전력 제어 방법은 M(M은 자연수)개의 매크로셀과 F(F는 자연수)개의 펠토셀이 중첩되어 있는 이중 네트워크 환경을 가정하고, 상기 M개의 매크로셀 중 하나(매크로셀 m)의 매크로셀로부터 서비스 중인 I(I는 자연수)개의 사용자 단말(i=1, ..., I)이 존재할 경우, (a) 펠토셀들의 송신 전력을 초기 송신 전력으로 설정하는 단계(S210), (b) 상기 I개의 사용자 단말 각각이 수신하는 신호대간섭비(SIR; Signal to Interference Ratio)와 각 단말의 서비스 요구 조건을 충족하는 신호대간섭비 간의 부등식을 I개의 연립 부등식으로 수립하는 단계(S220), (c) 상기 연립 부등식을 구성하는 부등식의 충족여부를 판별하는 단계(S230) 및 (d)상기 (c)단계에서 모든 부등식이 충족되면 현재 조절된 송신 전력을 유지하고 펠토셀들의 송신전력 조절을 중단하는 단계(S240)를 포함하여 구성되고, 상기 (c)단계에서 적어도 일부의 부등식이 충족되지 않으면 상기 적어도 일부의 부등식에서 순차적으로 하나씩의 부등식을 선택하여 상기 부등식에 존재하는 펠토셀들의 송신전력 항들에서 하나씩의 송신전력을 조절하면서, 상기 (c)와 (d)단계를 반복하도록 구성(S250)될 수 있다.

[0075] (a)단계(S210)에서 펠토셀들의 초기 송신 전력은 상기 펠토셀들 각각으로부터의 소정 거리에서 매크로셀로부터 오는 수신신호세기와 상기 펠토셀로부터의 수신신호세기가 동일한 수준을 유지하도록 하는 송신전력이 선택될 수 있다. 예컨대, 수학식 5에서 이미 설명된 것과 유사하게, 매크로셀로부터의 수신세기에 기타 다른 파라미터가 고려하여 펠토셀의 초기 송신전력을 결정할 수 있을 것이다.

[0076] (b)단계(S220)에서 상기 I개의 사용자 단말 각각이 수신하는 신호대간섭비(SIR; Signal to Interference Ratio)와 각 단말의 서비스 요구 조건을 충족하는 신호대간섭비 간의 부등식을 I개의 연립 부등식으로 수립하는 과정은 이미 설명된 수학식 2의 신호대간섭비 산출식과 수학식 4의 연립부등식을 이용할 수 있다.

[0077] 즉, 수학식 2로 표현되는 단말 각각 입장에서 신호대간섭비는 각 단말의 서비스 요구조건을 충족하는 신호대간섭비보다 작거나 같아야 하므로, 이러한 부등식을 I개의 단말에 대해서 수립하면 각각의 단말의 서비스 요구조건을 충족시키기 위한 F개 펠토셀의 송신전력 항들이 좌변에 놓이는 수학식 4와 같은 I개의 부등식으로 구성된 연립 부등식을 수립할 수 있다.

[0078] (c)단계(S230)에서 현재 설정된 펠토셀들의 송신전력으로 (b)단계(S220)에서 수립한 연립부등식이 만족되는지를 판별하게 된다. 즉, (a)단계(S210)에서 초기송신전력을 설정된 송신전력으로 (b)단계(S220)에서 수립된 연립부등식이 만족되는지를 판별한다. (c)단계(S230)는 휴리스틱한 방법으로 펠토셀의 송신전력을 조절하면서 조절된 현재의 펠토셀들의 송신전력이 연립부등식을 충족하는지를 판별하기 위해서 후술되는 (d)단계(S240)와 함께 반복적으로 수행되게 된다.

[0079] (d)단계(S240)는 (c)단계에서 모든 부등식이 충족되면 현재 조절된 송신 전력을 유지하는 단계이다. 이 경우, 현재 설정되어 있는 펠토셀들의 송신전력이 모든 단말들의 서비스 요구조건을 충족할 수 있으므로 현재 조절된 송신전력을 최종 송신전력으로 결정하고 펠토셀들의 송신전력조절을 중단한다.

[0080] 만약, (c)단계(S230)에서 모든 부등식이 충족되지 않고, 적어도 일부의 부등식이 충족되지 않은 것으로 판별

되면, 충족되지 않은 적어도 일부의 부등식에서 순차적으로 하나씩의 부등식을 선택하여 상기 부등식에 존재하는 펠토셀들의 송신전력 항들에서 하나씩의 송신전력을 조절하면서, 상기 (c)와 (d)단계를 반복하도록 구성될 수 있다.

[0081] 이때, 순차적으로 하나씩의 부등식을 선택하는 순서는 서비스 요구 조건(요구되는 신호대간섭비)이 높은 단말에 대한 부등식부터 선택하게 되고, 선택된 부등식 내에서 송신전력을 조절하여야 하는 펠토셀은 선택된 단말에 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 펠토셀이 선택될 수 있다.

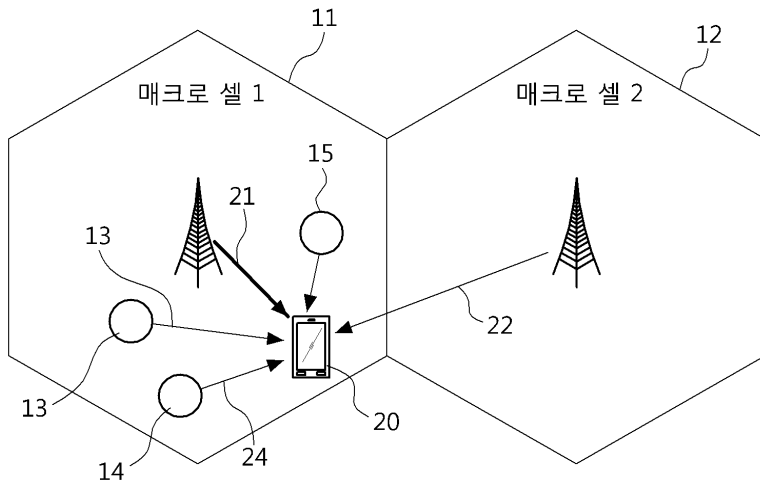
[0082] 이때, 단말에 미치는 영향은 펠토셀과 단말간의 거리를 통하여 판단이 가능하며, 이는 단말 내에 구비된 GPS 장치로부터 파악된 단말의 위치와 펠토셀에 구비된 GPS 장치로부터 파악된 펠토셀의 위치 또는 이미 알려진 펠토셀의 위치로부터 구해진 단말과 펠토셀간의 거리를 통하여 판단될 수 있다. 예컨대, 단말과 거리가 가까운 펠토셀일수록, 단말에 미치는 영향이 큰 것으로 판단이 가능할 것이다.

[0083] 이와 같은 과정으로 서비스 요구조건이 높은 단말의 순으로, 또한, 단말에 미치는 영향이 큰 펠토셀의 순서대로 송신전력을 조절하면서 (c) 및 (d) 단계를 반복하는 것에 의해서 펠토셀의 송신전력이 모든 단말들의 서비스 요구조건을 충족할 때까지 송신전력을 조절을 수행하게 된다.

[0084] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

도면1



도면2

