



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0052154
(43) 공개일자 2011년05월18일

(51) Int. Cl.

H04W 16/14 (2009.01) H04W 72/10 (2009.01)

(21) 출원번호 10-2009-0109084

(22) 출원일자 2009년11월12일

심사청구일자 2009년11월12일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

김재명

인천시 남구 용현3동 인하대학교 무선전송연구실

이주관

인천시 남구 용현3동 인하대학교 무선전송연구실

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인무한

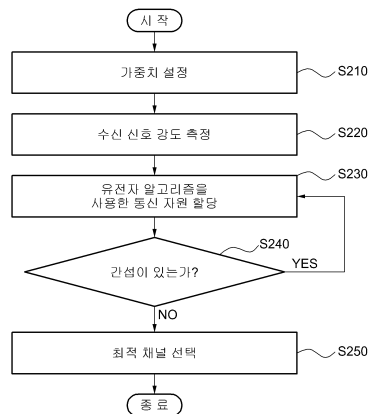
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 무선 인지 시스템을 위한 유전자 알고리즘 기반의 동적 주파수 선택 시스템 및 방법

(57) 요약

유전자 알고리즘을 사용한 동적 주파수 선택 시스템 및 방법이 개시된다. 동적 주파수 선택 시스템은 사용자의 조건에 따라 각각의 통신 자원에 대한 가중치를 설정하는 가중치 설정부; 우선 사용자 신호를 측정하고, 상기 우선 사용자 신호를 기초로 사용자의 신호가 우선 사용자 신호에 미치는 간섭의 정도를 계산하는 수신 신호 강도 측정부; 상기 우선 사용자 신호가 상기 사용자의 신호와 같은 주파수를 사용하는 경우에 상기 사용자의 신호가 이동할 주파수 대역을 검색하는 채널 선택부; 및 상기 우선 사용자 신호에 기초하여 상기 사용자의 신호의 강도를 제어하여 상기 우선 사용자 신호에 미치는 간섭을 제어하고, 상기 채널 선택부가 검색한 적어도 하나의 주파수 대역에 유전자 알고리즘을 사용하여 상기 사용자의 통신 환경과 상기 우선 사용자 신호의 통신 환경이 최적화되도록 통신 자원을 할당하는 통신 자원 할당부를 포함한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자 **손성환** **홍인**
 인천시 남구 용현3동 인하대학교 무선전송연구실
 인천시 남구 용현3동 인하대학교 무선전송연구실

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
 과제고유번호 No. 20090066336 / IITA-2009-C1090-0902-0019
 부처명 한국과학재단 / 정보통신연구진흥원
 연구관리전문기관
 연구사업명 국가지정연구실사업 / 대학 IT연구센터 육성·지원
 연구과제명 차세대 무선통신을 위한 Cognitive Radio 플랫폼 연구/ 초광대역(UWB) 무선전송 및 시
 스템 응용기술
 기여율
 주관기관 인하대학교 산학협력단
 연구기간 2006. 04. 01 ~ 2011. 03. 31 / 2003. 08. 01 ~ 2011. 12. 31

특허청구의 범위

청구항 1

사용자의 조건에 따라 각각의 통신 자원에 대한 가중치를 설정하는 가중치 설정부;

우선 사용자 신호를 측정하고, 상기 우선 사용자 신호를 기초로 사용자의 신호가 우선 사용자 신호에 미치는 간섭의 정도를 계산하는 수신 신호 강도 측정부;

상기 우선 사용자 신호가 상기 사용자의 신호와 같은 주파수를 사용하는 경우에 상기 사용자의 신호가 이동할 주파수 대역을 검색하는 채널 선택부; 및

상기 우선 사용자 신호에 기초하여 상기 사용자의 신호의 강도를 제어하여 상기 우선 사용자 신호에 미치는 간섭을 제어하고, 상기 채널 선택부가 검색한 적어도 하나의 주파수 대역에 유전자 알고리즘을 사용하여 상기 사용자의 통신 환경과 상기 우선 사용자의 통신 환경이 최적화되도록 통신 자원을 할당하는 통신 자원 할당부

를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 주파수 선택 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 가중치 설정부는 가중치 합 방법을 사용하여 상기 각각의 통신 자원에 대한 가중치를 설정하는 것을 특징으로 하는 동적 주파수 선택 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 무선 통신 자원은 무선 인지 시스템의 송신전력(Transmission Power), 오류 정정을 위한 채널 코딩 레이트(Coding Rate), 데이터 변조도(Modulation Index), 및 가용 대역폭(Available Bandwidth) 중에 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 주파수 선택 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 통신 자원 할당부는 상기 무선 통신 자원의 값을 초기화하고, 임의 값을 설정하여 초기 개체군을 형성하며, 적합도 함수 값에 따라 선택, 교배, 돌연변이 생성, 및 대치 연산을 수행하여 상기 사용자의 통신 환경과 상기 우선 사용자의 통신 환경이 최적화되는 통신 자원을 할당하는 것을 특징으로 하는 동적 주파수 선택 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 수신 신호 강도 측정부는 상기 우선 사용자 신호를 기초로 상기 우선 사용자의 수신 신호 강도(RSSI)를 계산하고, 상기 통신 자원 할당부는 상기 수신 신호 강도(RSSI)를 이용한 전력 제어를 기초로 간섭을 제어하고, 통신 자원을 할당하는 것을 특징으로 하는 동적 주파수 선택 시스템.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 일실시예들은 유전자 알고리즘을 사용한 동적 주파수 선택 방법 및 시스템에 대한 것이다.

배경 기술

[0002] 무선 통신 시스템의 급격한 발전과 다양한 서비스의 등장으로 무선 자원 수요는 날로 증가하고 있다. 그러나 무

선 자원인 주파수는 공공의 재산으로 국가의 엄격한 제한을 받고 있으며, 이미 많은 주파수 대역이 사용 중에 있어 새로운 무선 데이터 통신 시스템의 적용에 큰 어려움이 있게 되었다.

[0003] 이러한 문제를 해결하기 위하여 주파수가 할당되어 있지만 실제로 사용되지 않고 있는 주파수를 감지해서 이를 효율적으로 공유하여 사용할 수 있는 무선 인지 기술(CR: Cognitive Radio)이 개발되었다.

[0004] 그러나 무선 인지 기술은 무선 인지 시스템이 주파수 자원을 확보하여 사용하고 있는 경우에도, 우선 사용자가 무선 인지시스템이 사용하고 있는 주파수 대역을 사용하게 되면 우선 사용자에게 간섭을 주기 때문에 주파수 대역을 즉시 비워 주어야 한다. 그렇기 때문에 무선 인지시스템이 제공하는 서비스를 받고 있는 무선 인지 기술 사용자들에게 지속적으로 단절 없는 서비스와 우선 사용자에게 무간섭의 보장을 제공하는 것이 필요한 실정이다.

[0005] 또한, 무선 인지시스템의 사용자들은 시스템으로부터 데이터를 수신할 때 우선 사용자 기지국의 신호의 주파수 대역 점유 유무에 따라 통신 가능 여부 영향을 받고 무선 인지시스템과 우선 사용자의 충분한 보호 거리가 확보되지 않은 상황에서 우선 사용자의 시스템에 간섭 신호를 줄 수 있는 문제점이 있다.

[0006] 그리고, 무선 인지 기술 환경에서 무선 인지시스템의 사용 주파수 대역의 상태가 나쁘거나 우선 사용자 시스템(Primary System)의 신호가 해당 대역을 점유하고 있다면 무선 인지시스템의 서비스를 받고 있는 복수의 무선 인지 기술 사용자가 통신 불능 상태가 될 수 있는 문제점도 있다.

[0007] 따라서, 무선 인지시스템의 서비스를 받고 있는 무선 인지 기술 사용자가 우선 사용자 시스템의 통신 영역과 겹칠 경우에 발생할 간섭 문제 해결하고, 통신 불능 상태가 되어 버린 무선 인지 사용자의 사용자 요구 조건에 따른 통신이 가능 한 동적 주파수 선택 방법이나 시스템이 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0008] 본 발명의 일실시예들은 우선 사용자 기지국과 무선 인지 시스템의 기지국이 서로를 인식하지 못한 상태에서 무선 인지시스템의 서비스를 받고 있는 무선 인지 사용자가 우선 사용자 신호에 영향을 받을 경우에 유전자 알고리즘 기반 동적 주파수 선택 방법을 사용하여 통신 자원을 효율적으로 할당함으로써 우선 사용자에 대한 간섭 신호 없이 통신하도록 할 수 있는 동적 주파수 선택 시스템 및 방법을 제공한다.

과제 해결수단

[0009] 본 발명의 일실시예에 따른 동적 주파수 선택 시스템은 사용자의 조건에 따라 각각의 통신 자원에 대한 가중치를 설정하는 가중치 설정부; 우선 사용자 신호를 측정하고, 상기 우선 사용자 신호를 기초로 사용자의 신호가 우선 사용자 신호에 미치는 간섭의 정도를 계산하는 수신 신호 강도 측정부; 상기 우선 사용자 신호가 상기 사용자의 신호와 같은 주파수를 사용하는 경우에 상기 사용자의 신호가 이동할 주파수 대역을 검색하는 채널 선택부; 및 상기 우선 사용자 신호에 기초하여 상기 사용자의 신호의 강도를 제어하여 상기 우선 사용자 신호에 미치는 간섭을 제어하고, 상기 채널 선택부가 검색한 적어도 하나의 주파수 대역에 유전자 알고리즘을 사용하여 상기 사용자의 통신 환경과 상기 우선 사용자의 통신 환경이 최적화되도록 통신 자원을 할당하는 통신 자원 할당부를 포함한다.

[0010] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 통신 자원 할당부는 상기 무선 통신 자원의 값을 초기화하고, 임의 값을 설정하여 초기 개체군을 형성하며, 적합도 함수 값에 따라 선택, 교배, 돌연변이 생성, 및 대치 연산을 수행하여 상기 사용자의 통신 환경과 상기 우선 사용자의 통신 환경이 최적화되는 통신 자원을 할당할 수 있다.

효과

[0011] 본 발명의 일실시예들은 우선 사용자 기지국과 무선 인지 시스템의 기지국이 서로를 인식하지 못한 상태에서 무선 인지시스템의 서비스를 받고 있는 무선 인지 사용자가 우선 사용자 신호에 영향을 받을 경우에 유전자 알고리즘 기반 동적 주파수 선택 방법을 사용하여 통신 자원을 효율적으로 할당함으로써 우선 사용자에 대한 간섭 신호 없이 통신하도록 할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0012] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세하게 설명하

지만, 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.

[0013] 본 발명의 일실시예에 따른 동적 주파수 선택 시스템은 우선 사용자 기지국과 무선 인지 시스템의 기지국이 서로를 인식하지 못한 상태에서 무선 인지시스템의 서비스를 받고 있는 무선 인지 사용자가 우선 사용자 신호에 영향을 받을 경우에 유전자 알고리즘 기반 동적 주파수 선택 방법을 사용하여 통신 자원을 효율적으로 할당함으로써 우선 사용자에 대한 간섭 신호 없이 통신하도록 할 수 있다.

[0014] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 동적 주파수 선택 시스템의 개괄적인 모습을 도시한 도면이다.

[0015] 본 발명의 일실시예에 따른 동적 주파수 선택 시스템은 무선 인지 시스템의 기지국으로서 도 1에 도시된 바와 같이 가중치 설정부(110), 수신 신호 강도 측정부(120), 통신 자원 할당부(130), 및 채널 선택부(140)로 구성될 수 있다.

[0016] 가중치 설정부(110)는 사용자의 조건에 따라 각각의 통신 자원에 대한 가중치를 설정한다.

[0017] 구체적으로, 가중치 설정부(110)는 다양한 통신 자원에 대한 최적화를 수행하기 위하여 무선 인지 시스템의 통신 자원 각각에 대하여 무선 인지 시스템의 사용자 통신 품질 요구 조건에 따른 가중치를 설정하고, 가중치 합 방식을 사용할 수 있다.

[0018] 이때, 가중치 설정부(110)가 사용한 가중치 합 방식은 하기된 수학식 1을 만족할 수 있다.

수학식 1

$$f(x) = \sum_{i=1}^m w_i f_i(\vec{x})$$

[0019]

[0020] 이때, 상기 수학식 1의 가중치 값 $w_1, \dots, w_n$ 은 하기된 수학식 2를 만족할 수 있다.

수학식 2

$$\begin{aligned} W &= [w_1, w_2, \dots, w_n] \\ w_i &\geq 0 \text{ for } i = 1, 2, \dots, n \\ w_1 + w_2 + \dots + w_n &= 1 \end{aligned}$$

[0021]

[0022] 수신 신호 강도 측정부(120)는 우선 사용자 신호를 측정하고, 상기 우선 사용자 신호를 기초로 사용자의 신호가 우선 사용자 신호에 미치는 간섭의 정도를 계산한다.

[0023] 구체적으로 수신 신호 강도 측정부(120)는 사용하고자 하는 주파수 대역에서 사용자의 신호가 우선 사용자 신호에 미치는 간섭을 측정하기 위하여 하기된 수학식 3으로 우선 사용자의 수신 신호 강도(RSSI)를 계산할 수 있다.

수학식 3

$$RSSI_i = \frac{P_{PU} G_{PU}}{L_i(d_i)}$$

[0024]

[0025] 이때, P_{PU} 는 우선사용자의 송신 전력, G_{PU} 는 우선사용자의 송신안테나 이득, $L_i(d_i)$ 는 i번째 무선 인지 사용자와 우선 사용자간의 거리(d_i)에 의한 경로 손실 함수일 수 있다.

[0026] 통신 자원 할당부(130)는 우선 사용자 신호에 기초하여 사용자의 신호의 강도를 제어하여 우선 사용자 신호에 미치는 간섭을 제어하고, 채널 선택부(140)가 검색한 적어도 하나의 주파수 대역에 유전자 알고리즘을 사용하여 사용자의 통신 환경과 우선 사용자의 통신 환경이 최적화되도록 통신 자원을 할당한다.

[0027] 이때, 통신 자원 할당부(130)는 수신 신호 강도(RSSI)를 이용한 전력 제어를 기초로 간섭을 제어하고, 통신 자원을 할당할 수 있다.

[0028] 구체적으로, 통신 자원 할당부(130)는 무선 통신 자원의 값을 초기화하고, 임의 값을 설정하여 초기 개체군을

형성하며, 적합도 함수 값에 따라 선택, 교배, 돌연변이 생성, 및 대치 연산을 수행하여 사용자의 통신 환경과 우선 사용자의 통신 환경이 최적화되는 통신 자원을 할당할 수 있다.

- [0029] 이때, 통신 자원 할당부(130)가 초기화하는 무선 통신 자원은 무선 인지 시스템의 송신전력(Transmission Power), 오류 정정을 위한 채널 코딩 레이트(Coding Rate), 데이터 변조도(Modulation Index), 및 가용 대역폭(Available Bandwidth) 중에 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0030] 채널 선택부(140)는 우선 사용자 신호가 사용자의 신호와 같은 주파수를 사용하는 경우에 사용자의 신호가 이동할 주파수 대역을 검색할 수 있다. 또한, 통신 자원 할당부(130)가 할당한 통신 자원을 기초로 사용자의 신호가 이동할 주파수 대역을 최종 선택할 수 있다.
- [0031] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 동적 주파수 선택 방법에 대한 흐름도이다.
- [0032] 단계(S210)에서 가중치 설정부(110)는 다양한 통신 자원에 대한 최적화를 수행하기 위하여 무선 인지 시스템의 통신 자원 각각에 대하여 무선 인지 시스템의 사용자 통신 품질 요구 조건에 따른 가중치를 설정한다.
- [0033] 단계(S220)에서 수신 신호 강도 측정부(120)는 우선 사용자 신호를 측정하고, 상기 우선 사용자 신호를 기초로 사용자의 신호가 우선 사용자 신호에 미치는 간섭의 정도를 계산한다.
- [0034] 구체적으로 수신 신호 강도 측정부(120)는 사용하고자 하는 주파수 대역에서 사용자의 신호가 우선 사용자 신호에 미치는 간섭을 측정하기 위하여 하기된 수학적 식 3으로 우선 사용자의 수신 신호 강도(RSSI)를 계산할 수 있다.
- [0035] 단계(S230)에서 통신 자원 할당부(130)는 유전자 알고리즘을 사용하여 사용자의 통신 환경과 우선 사용자의 통신 환경이 최적화되도록 통신 자원을 할당한다.
- [0036] 통신 자원을 할당하는 과정은 이하 도 3을 참조로 상세히 설명한다.
- [0037] 단계(S240)에서 채널 선택부(140)는 우선 사용자 신호가 사용자의 신호와 같은 주파수를 사용하여 간섭이 발생 하는지를 확인한다.
- [0038] 간섭이 발생한 경우에, 채널 선택부(140)는 사용자의 신호가 이동할 주파수 대역을 검색하고, 단계(S230)을 실행하여 통신 자원 할당부(130)가 검색한 적어도 하나의 주파수 대역에 유전자 알고리즘을 사용하여 상기 사용자의 통신 환경과 상기 우선 사용자의 통신 환경이 최적화되도록 통신 자원을 할당하도록 할 수 있다.
- [0039] 단계(S250)에서 채널 선택부(140)는 통신 자원 할당부(130)가 할당한 통신 자원을 기초로 사용자의 신호가 이동할 주파수 대역을 최종 선택한다.
- [0040] 이때, 채널 선택부(140)는 단계(S240)에서 간섭이 일어나지 않은 주파수 대역 중에서 사용자의 신호가 이동할 주파수 대역을 최종 선택할 수 있다.
- [0041] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 통신 자원을 할당하는 과정의 흐름도이다. 여기서, 단계(S310) 내지 단계(S380)는 도 2를 통해 설명한 단계(S230)에 포함될 수 있다.
- [0042] 단계(S310)에서 통신 자원 할당부(130)는 할당하고자 하는 무선 통신 자원의 값을 초기화한다.
- [0043] 이때, 통신 자원 할당부(130)가 초기화하는 무선 통신 자원은 무선 인지 시스템의 송신전력(Transmission Power), 오류 정정을 위한 채널 코딩 레이트(Coding Rate), 데이터 변조도(Modulation Index), 및 가용 대역폭(Available Bandwidth) 중에 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0044] 단계(S320)에서 통신 자원 할당부(130)는 단계(S310)에서 초기화된 무선 통신 자원 값을 랜덤(Random)으로 생성하여 복수의 해를 생성하고, 복수의 해로 구성된 개체군을 형성한다.
- [0045] 이때, 각각의 해는 무선 인지 시스템의 송신전력, 오류 정정을 위한 채널 코딩 레이트, 데이터 변조도, 및 가용 대역폭의 값을 포함할 수 있다.
- [0046] 단계(S330)에서 통신 자원 할당부(130)는 단계(S320)에서 생성된 개체군의 자원 별 적합도를 계산한다.
- [0047] 구체적으로 통신 자원 할당부(130)는 하기된 수학적 식 4를 사용하여 각각의 자원에 대한 적합도를 계산할 수 있다.

수학식 4

$$f_1 = \begin{cases} 1 - \frac{I_{\text{lim.}}}{|I_{\text{lim.}} - I_{\text{est.}}|} & (I_{\text{lim.}} > I_{\text{est.}}) \\ 0 & (I_{\text{lim.}} \leq I_{\text{est.}}) \end{cases}$$

[0048]

$$f_2 = 1 - \frac{P_{CR}}{P_{\text{max}}}$$

[0049]

$$f_3 = 1 - \frac{R_{CR}}{R_{\text{max}}}$$

[0050]

$$f_4 = 1 - \frac{MI_{CR}}{MI_{\text{max}}}$$

[0051]

$$f_5 = 1 - \frac{\log_{10} 10^{-3}}{\log_{10} P_{be, CR}}$$

[0052]

[0053] 이때, f_1 은 간섭 제한 적합도 함수이고, f_2 는 송신 전력 적합도 함수이며, f_3 은 오류 정정 적합도 함수이고, f_4 는 데이터 처리율 적합도 함수이며, f_5 는 비트 에러율(BER: Bit-Error-Rate) 적합도 함수이다.

[0054] 통신 자원 할당부(130)는 간섭 제한도 적합도 함수 f_1 가 간섭 제한 조건을 만족하기 위해서는 $I_{\text{est.}}$ 에 대한 측정을 수행할 수 있다. 이때, 간섭 제한도 적합도 함수 f_1 에서 $I_{\text{lim.}}$ 은 우선사용자 수신기의 간섭 제한 전력이고, $I_{\text{est.}}$ 는 무선 인지 시스템에서 측정된 우선사용자에 대한 간섭 전력일 수 있다.

[0055] 무선 인지 사용자가 우선사용자의 송신 전력, 안테나 이득과 같은 시스템 변수를 안다면, 우선 사용자의 수신 신호 강도(RSSI)에서 무선 인지 사용자의 간섭 전력을 추정 할 수 있다.

[0056] 따라서, 통신 자원 할당부(130)는 수신 신호 강도 측정부(120)가 우선 사용자의 수신 신호 강도(RSSI)를 계산하기 위하여 사용한 상기 수학식 3에 기초하여 하기된 수학식 5를 유도할 수 있다.

수학식 5

$$L_i(d_i) = \frac{P_{PU} G_{PU}}{RSS_i}$$

[0057]

[0058] 다음으로, 통신 자원 할당부(130)는 상기 수학식 5을 하기된 수학식 6에 적용하여 무선 인지 사용자의 간섭 전력 $I_{\text{est.}}$ 를 계산할 수 있다.

수학식 6

$$I_{est.} = \frac{RSS_i P_{CR,i} G_{CR,i}}{P_{PU} G_{PU}}$$

이때, $P_{CR,i}$ 는 i 번째 무선 인지 기술 사용자의 송신 전력이고, $G_{CR,i}$ 는 안테나 이득일 수 있다.

또한, 송신 전력 적합도 함수 f_2 에서 P_{CR} 는 할당된 송신 전력이고, P_{max} 는 무선 인지 사용자의 최대 송신 전력일 수 있다.

이때, 통신 자원 할당부(130)는 하기된 수학식 7을 사용하여 P_{max} 를 계산할 수 있다.

수학식 7

$$\begin{aligned} SINR &= \frac{S}{I+N} \\ &= 10 \log_{10} \left(\frac{P_{PU} d^{-\alpha_{PU}} 10^{\frac{\zeta_{PU}}{10}}}{P_{CR} d^{-\alpha_{CR}} 10^{\frac{\zeta_{CR}}{10}} + \sigma_{PU}^2} \right) < SINR_{req.} \end{aligned}$$

이때, P_{PU} 는 우선사용자 기지국의 송신 전력이고, d_{PU}^{α} 는 우선사용자의 기지국과 수신기 사이의 거리이며, P_{CR} 은 무선 인지 사용자의 송신전력이고, d_{CR}^{α} 는 무선 인지 사용자와 우선사용자 사이의 거리이며, ζ_{PU} 와 ζ_{CR} 는 각각 무선 인지 사용자와 우선사용자의 쉐도잉(shadowing)에 의한 감쇄성분일 수 있다.

그리고, α_{PU} 와 α_{CR} 은 우선사용자 시스템과 무선 인지 사용자 시스템의 경로 손실 지수이고, σ_{PU}^2 는 우선 사용자 수신기의 잡음전력일 수 있다. 이때, α 는 2보다 크고 4보다 적을 수 있다.

이때, 통신 자원 할당부(130)는 무선 인지 시스템과 우선사용자의 거리 $d^{-\alpha_{CR}}$ 에 따른 P_{CR} 의 전력 제어를 통해 우선사용자에 대한 성능 열화를 끼치지 않을 정도의 SINR을 보장하면서, 동시에 무선 인지 사용자에게는 전송 효율을 향상 시킬 수 있는 전력 상승을 할 수 있다. 이때, 전력 제어를 통한 송신 전력 최소화는 무선 인지 시스템에서 비트 에러율 성능이 10^{-3} 인 전력 세기를 임계 점으로 산정할 수 있다.

그리고, 오류 정정 적합도 함수 f_3 에서 R_{CR} 는 각각 적용된 코딩 레이트(coding rate)이고, R_{max} 는 사용 가능한 최대 코딩 레이트(coding rate)일 수 있다.

또한, 데이터 처리율 적합도 함수 f_4 에서 MI_{CR} 는 할당된 모듈레이션 인덱스(modulation index)이고, MI_{max} 는 사용 가능한 최대 모듈레이션 인덱스(modulation index)일 수 있다.

그리고, 비트 에러율 성능 적합도 함수 f_5 에서 $P_{be,CR}$ 는 무선 인지 사용자의 비트 에러율 성능일 수 있다.

이때, 통신 자원 할당부(130)는 하기된 수학식 8을 사용하여 $P_{be,CR}$ 를 계산할 수 있다.

수학식 8

$$P_{be,BPSK\ QPSK} = Q\sqrt{2\frac{E_b}{N_0}}$$

$$P_{be,M-PSK} = \frac{2}{\log_2 MI} Q\sqrt{2\log_2(MI)\frac{E_b}{N_0}} \sin\frac{\pi}{MI}$$

$$P_{be,M-QAM} = \frac{2(1-MI^{-1})}{\log_2 MI} Q\sqrt{(\frac{3\log_2 MI}{M^2-1})2\frac{E_b}{N_0}}$$

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{E_b}{N_{0_{coded}}} + coding\ gain$$

이때, M 은 모듈레이션 인덱스(modulation index)일 수 있다.

또한, 각각의 코딩 레이트에 따른 코딩 게인(coding gain)은 하기된 표 1을 만족할 수 있다.

표 1

Coding rate	Coding gain
1/2	3.8dB
1/3	4.2dB
1/4	5.1dB

단계(S340)에서 통신 자원 할당부(130)는 단계(S330)에서 계산된 5개의 단일 적합도 함수를 동시에 최적화하기 위해서 단계(S210)에서 설정된 가중치를 적용하여 종합 가중치를 계산할 수 있다.

구체적으로 통신 자원 할당부(130)는 가중치 합 방식(Weighted-Sum Approach)을 적용한 수학식 9를 사용하여 종합 가중치를 계산할 수 있다.

수학식 9

$$f_{total} = w_1 * f_1 + w_2 * f_2 + w_3 * f_3 + w_4 * f_4 + w_5 * f_5$$

단계(S350)에서 통신 자원 할당부(130)는 단계(S340)에서 계산된 적합도 함수 값에 따라 유전자 알고리즘을 실행하여 사용자의 통신 환경과 우선 사용자의 통신 환경이 최적화되는 적어도 하나의 해를 선택할 수 있다.

유전자 알고리즘의 실행 과정은 이하 도 4를 참조하여 상세히 설명한다.

단계(S360)에서 통신 자원 할당부(130)는 단계(S350)에서 유전자 알고리즘이 기 설정된 최대 세대까지 실행되었는지 확인한다.

이때, 기 설정된 최대 세대까지 실행되지 않았으면, 최적화 되지 않는 중간 값의 해가 선택된 것이므로 통신 자원 할당부(130)는 단계(S320)를 실행하여 개체군을 새로 생성하고 단계(S330) 내지 단계(S350)를 실행하여 유전자 알고리즘을 다시 실행할 수 있다.

단계(S370)에서 통신 자원 할당부(130)는 단계(S350)에서 사용자의 통신 환경과 우선 사용자의 통신 환경이 모두 최적화되는 적어도 하나의 해가 선택되었는지 확인한다.

단계(S380)에서 통신 자원 할당부(130)는 단계(S350)에서 선택된 해의 무선 통신 자원 값을 기초로 사용자의 통

신 환경과 우선 사용자의 통신 환경에 무선 통신 자원을 할당한다.

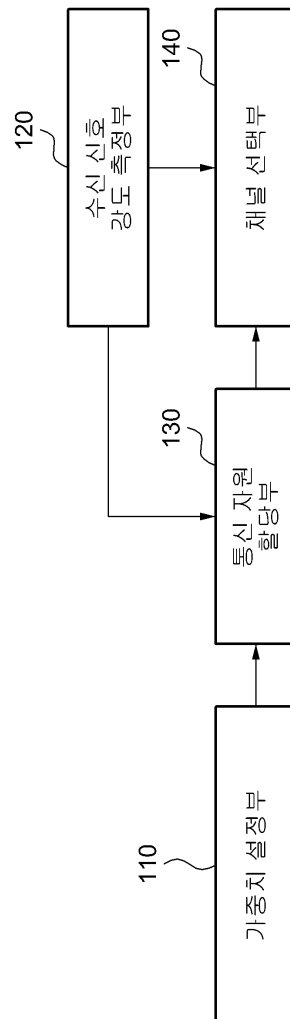
- [0084] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 유전자 알고리즘 실행 과정의 흐름도이다. 여기서, 단계(S410) 내지 단계(S450)는 도 3를 통해 설명한 단계(S350)에 포함될 수 있다.
- [0085] 단계(S410)에서 통신 자원 할당부(130)는 단계(S320)에서 생성된 개체군 중에서 복수의 해를 선택한다.
- [0086] 이때, 통신 자원 할당부(130)는 룰렛 휠 선택 방법(roulette wheel selection), 엘리트 보존 선택 방법(elitist preserving selection), 기대 값 선택 방법(expected value selection) 및 랭킹 선택 방법(ranking selection) 중 하나의 방법으로 해를 선택할 수 있다.
- [0087] 단계(S420)에서 통신 자원 할당부(130)는 단계(S410)에서 선택된 해의 일부를 교배하여 새로운 해를 생성한다. 구체적으로 통신 자원 할당부(130)는 해에 포함된 특정 무선 통신 자원의 값을 다른 해의 특정 무선 통신 자원의 값과 교환할 수 있다.
- [0088] 단계(S430)에서 통신 자원 할당부(130)는 단계(S410)에서 선택된 해 중에 일부의 값을 돌연 변이시킨다. 구체적으로 통신 자원 할당부(130)는 단계(S410)에서 선택된 해 중에 일부 해의 값을 랜덤으로 변경하여 돌연 변이 해를 생성할 수 있다.
- [0089] 단계(S440)에서 통신 자원 할당부(130)는 단계(S340)에서 계산된 적합도 함수 값에 따라 단계(S410)에서 선택된 해 중에 적합도 값이 낮은 해는 적합도 값이 높은 해로 변경한다.
- [0090] 단계(S450)에서 통신 자원 할당부(130)는 단계(S410) 내지 단계(S440)가 기 설정된 최대 세대 수만큼 반복되었는지 확인한다.
- [0091] 이와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 동적 주파수 선택 방법은 우선 사용자 기지국과 무선 인지 시스템의 기지국이 서로를 인식하지 못한 상태에서 무선 인지시스템의 서비스를 받고 있는 무선 인지 사용자가 우선 사용자 신호에 영향을 받을 경우에 유전자 알고리즘 기반 동적 주파수 선택 방법을 사용하여 통신 자원을 효율적으로 할당함으로써 우선 사용자에 대한 간섭 신호 없이 통신하도록 할 수 있다.
- [0092] 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.
- [0093] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면의 간단한 설명

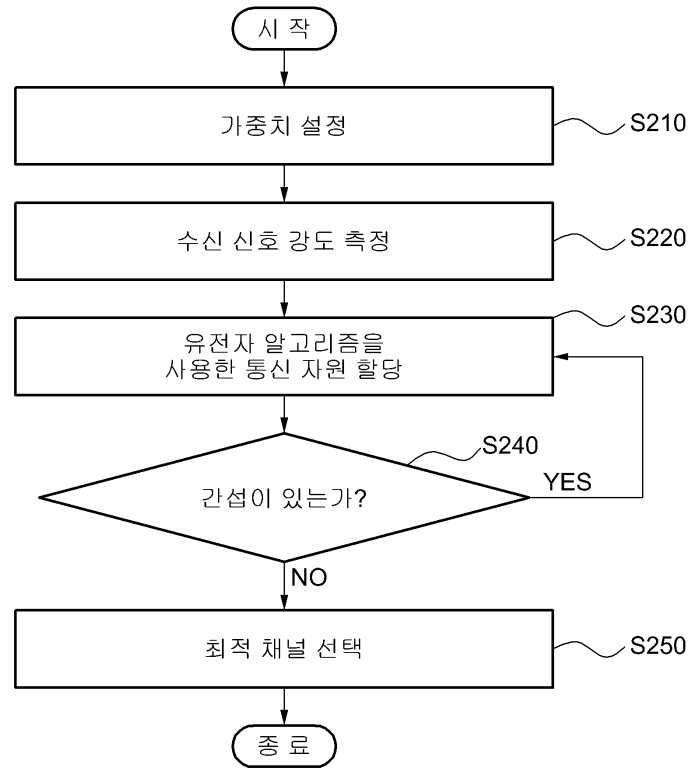
- [0094] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 동적 주파수 선택 시스템의 개괄적인 모습을 도시한 도면이다.
- [0095] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 동적 주파수 선택 방법에 대한 흐름도이다.
- [0096] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 통신 자원을 할당하는 과정의 흐름도이다.
- [0097] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 유전자 알고리즘 실행 과정의 흐름도이다.

도면

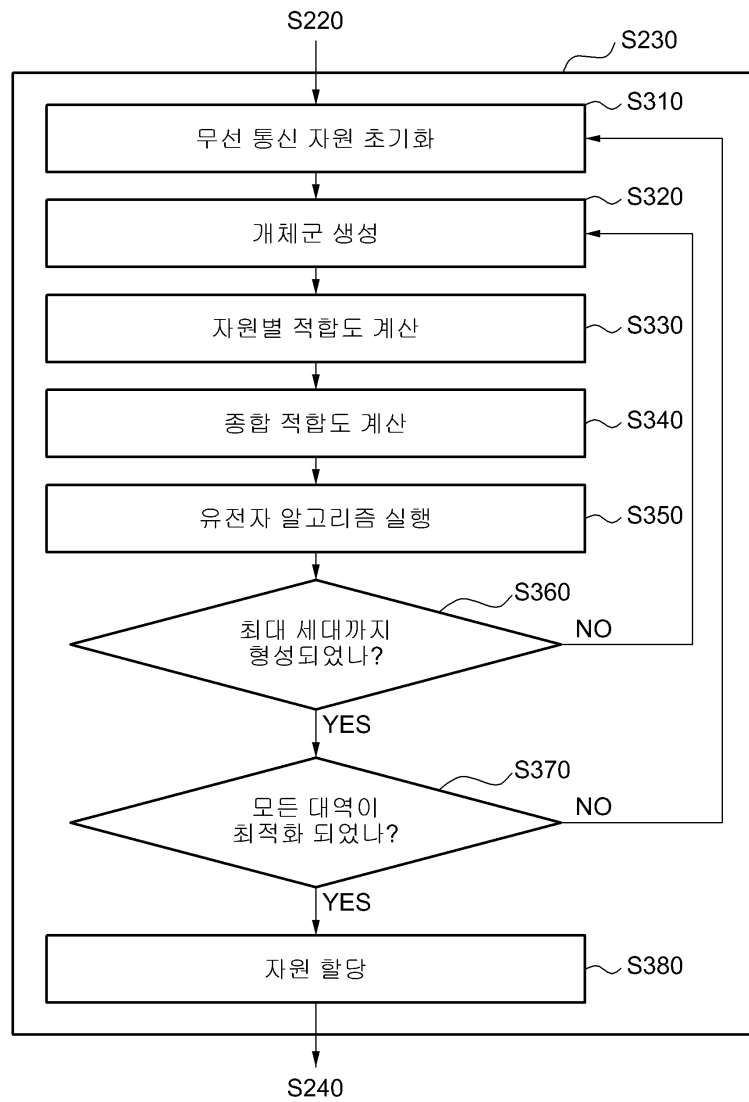
도면1



도면2



도면3



도면4

