(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0098043
(43) 공개일자 2019년08월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 72/04 (2009.01) *G06N 99/00* (2019.01)
H04W 16/24 (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04W 72/0453 (2013.01)
G06N 20/00 (2019.01)
(21) 출원번호 10-2019-0002965
(22) 출원일자 2019년01월09일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
1020180016920 2018년02월12일 대한민국(KR)

(71) 출원인
한국전자통신연구원
대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
김승현
대전광역시 유성구 온천로 60, 705호 (사이언스타운주상복합, 봉명동)
양현종
울산광역시 울주군 범서읍 대리로 15-17, 707동 1002호 (구영2차우미린아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
팬코리아특허법인

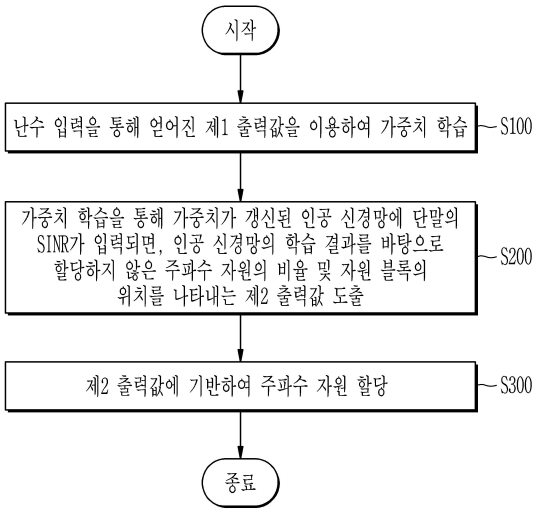
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 **자원 할당 방법**

(57) 요 약

인공 신경망을 이용한 기지국의 자원 할당 방법으로서, 복수의 난수가 상기 인공 신경망에 복수회 입력되어 각각 얻어진 복수의 제1 출력값을 이용하여 가중치를 학습하는 단계, 상기 학습하는 단계를 통해 가중치가 갱신된 상기 인공 신경망에 복수의 단말의 신호대간섭잡음비(sinal to interference noise ratio, SINR)가 입력되면, 상기 인공 신경망의 학습 결과를 바탕으로 상기 복수의 단말에게 할당되지 않은 주파수 자원의 비율 및 주파수 자원 블록의 위치를 나타내는 제2 출력값을 도출하는 단계, 그리고 상기 제2 출력값에 기반하여 상기 복수의 단말에게 주파수 자원을 할당하는 단계를 포함하는 자원 할당 방법이 제공된다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
H04W 16/24 (2013.01)
(72) 발명자
장종규
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
좌혜경
대전 유성구 가정로63, 106동 703호 (신성동, 럭키하나아파트)
나지현
대전 유성구 어은로57, 133동 1505호 (어은동, 한빛아파트)
김영진
대전광역시 유성구 왕가봉로 23, 1103동 703호 (노은동, 열매마을11단지)
정현규
대전광역시 유성구 가정로 43, 110동 904호(신성동, 한울아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2014-0-00282
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터(IITP)
연구사업명 방송통신산업기술개발
연구과제명 (통합)초연결 스마트 서비스를 위한 5G 이동통신 핵심기술개발
기 여 율 1/1
주관기관 한국전자통신연구원
연구기간 2017.03.01~2018.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

인공 신경망을 이용한 기지국의 자원 할당 방법으로서,

복수의 난수가 상기 인공 신경망에 복수회 입력되어 각각 얻어진 복수의 제1 출력값을 이용하여 가중치를 학습하는 단계,

상기 학습하는 단계를 통해 가중치가 갱신된 상기 인공 신경망에 복수의 단말의 신호대간섭잡음비(sinal to interference noise ratio, SINR)가 입력되면, 상기 인공 신경망의 학습 결과를 바탕으로 상기 복수의 단말에게 할당되지 않은 주파수 자원의 비율 및 주파수 자원 블록의 위치를 나타내는 제2 출력값을 도출하는 단계, 그리고

상기 제2 출력값에 기반하여 상기 복수의 단말에게 주파수 자원을 할당하는 단계

를 포함하는 자원 할당 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 기재는 인공 신경망을 이용한 기지국의 자원 할당 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 롱텀 에볼루션 인가된 보조 액세스(Long Term Evolution Licensed-Assisted Access, LTE-LAA)에서는 와이-파이(Wi-Fi)와 스몰 셀(small cell)이 공존한다. 지금까지의 스몰셀 환경에서는 기지국 간 정보교환에 기반하여 자원이 할당되었다.

[0003] LTE와 Wi-Fi 간에는 서로 정보교환이 불가능하다. LTE-LAA에서는 단말의 평균 신호 대 간섭 잡음비(Signal to Interference plus Noise Ratio, SINR) 정보만 가지고 있기 때문에, 모든 사용자에게 같은 양의 주파수 자원(frequency resource)을 할당한다.

[0004] LTE-LAA는 촘촘한 셀 환경에서 모든 셀이 신호를 발생시키기 때문에, 간섭이 발생하게 되고, 이 때문에 데이터 전송 속도(data rate)가 저하되는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 한 실시예는 인공 신경망을 이용하여 기지국이 단말에게 주파수 자원을 할당하는 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0006] 한 실시예에 따르면, 인공 신경망을 이용한 기지국의 자원 할당 방법이 제공된다. 상기 자원 할당 방법은 복수의 난수가 상기 인공 신경망에 복수회 입력되어 각각 얻어진 복수의 제1 출력값을 이용하여 가중치를 학습하는 단계, 상기 학습하는 단계를 통해 가중치가 갱신된 상기 인공 신경망에 복수의 단말의 신호대간섭잡음비(sinal to interference noise ratio, SINR)가 입력되면, 상기 인공 신경망의 학습 결과를 바탕으로 상기 복수의 단말에게 할당되지 않은 주파수 자원의 비율 및 주파수 자원 블록의 위치를 나타내는 제2 출력값을 도출하는 단계, 그리고 상기 제2 출력값에 기반하여 상기 복수의 단말에게 주파수 자원을 할당하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0007] 네트워크 성능를 향상시킬 수 있다.

[0008] 또한, 데이터 전송 속도를 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 한 실시예에 따른 자원 할당 방법에 사용되는 인공 신경망(Neural Network)의 구조를 나타내는 도면이다.

도 2는 한 실시예에 따른 인공 신경망의 출력값으로부터 자원할당 비율을 판단하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 한 실시예에 따른 인공 신경망의 출력값으로부터 할당하지 않은 자원 블록의 위치를 판단하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 한 실시예에 따른 자원 할당 방법의 흐름도이다.

도 5는 한 실시예에 따른 자원 할당 방법에서 트레이닝 인풋(training input)을 정하는 예시를 나타내는 도면이다.

도 6은 한 실시예에 따른 자원 할당 방법의 가중치 학습 알고리즘을 나타내는 도면이다.

도 7은 한 실시예에 따른 자원 할당 장치의 블록도이다.

도 8은 한 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 블록도이다.

도 9는 RRM(Radio Resource Management, RRM) 주기에 대한 데이터율(data rate)의 기하 평균의 변화를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0011] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0012] 명세서 전체에서, 단말(terminal)은, 사용자 장비(user equipment, UE), 이동국(mobile station, MS), 이동 단말(mobile terminal, MT), 진보된 이동국(advanced mobile station, AMS), 고신뢰성 이동국(high reliability mobile station, HR-MS), 가입자국(subscriber station, SS), 휴대 가입자국(portable subscriber station, PSS), 접근 단말(access terminal, AT), 기계형 통신 장비(machine type communication device, MTC device) 등을 지칭할 수도 있고, UE, MS, MT, AMS, HR-MS, SS, PSS, AT 등의 전부 또는 일부의 기능을 포함할 수도 있다.

[0013] 또한, 기지국(base station, BS)은 노드B(node B), 고도화 노드B(evolved node B, eNB), gNB, 진보된 기지국(advanced base station, ABS), 고신뢰성 기지국(high reliability base station, HR-BS), 접근점(access point, AP), 무선 접근국(radio access station, RAS), 송수신 기지국(base transceiver station, BTS), MMR(mobile multihop relay)-BS, 기지국 역할을 수행하는 중계기(relay station, RS), 기지국 역할을 수행하는 중계 노드(relay node, RN), 기지국 역할을 수행하는 진보된 중계기(advanced relay station, ARS), 기지국 역할을 수행하는 고신뢰성 중계기(high reliability relay station, HR-RS), 소형 기지국[펨토 기지국(femto BS), 홈 노드B(home node B, HNB), 홈 eNodeB(HeNB), 피코 기지국(pico BS), 매크로 기지국(macro BS), 마이크로 기지국(micro BS) 등] 등을 지칭할 수도 있고, NB, eNB, gNB, ABS, AP, RAS, BTS, MMR-BS, RS, RN, ARS, HR-RS, 소형 기지국 등의 전부 또는 일부의 기능을 포함할 수도 있다.

[0014] 한 실시예에 따른 자원 할당 시스템은 좁은 지역 내에서 촘촘하게 배치되어 통신하는 복수의 기지국을 포함한다.

[0015] 한 실시예에 따른 자원 할당 시스템은 LTE와 Wi-Fi가 5GHz 비면허 대역에 공존한다. 기지국 간 정보 교환은 없으며, 비동기 통신을 수행한다. 이때, 기존의 동기 통신 방법에서 발생하지 않던 직교 주파수 분할 다중화

(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) 심볼(symbol) 간 간섭이 발생하게 된다. 단말들의 신호 대간섭잡음비(Signal-to-Interference and Noise Ratio, SINR)이 시간이 지남에 따라 크게 변하므로, 주어진 평균 SINR 정보만으로는 단말들의 자원 할당량을 결정하기 어렵다.

[0016] 통신을 시작하기 전 무선 자원 관리(Radio Resource Management, RRM) 주기(Period)에서 측정된 각 단말이 받는 신호의 평균 SINR값은 수학식 1과 같다.

수학식 1

[0017] $$\left[\mathrm{x}_{[t]}\right]_{\mathrm{i}} = x_{[t],i} = W log_2\left(1 + E_c\left[SINR_{ij}^{(c)}(t-1)\right]\right)$$

[0018] 여기서, W는 하나의 주파수 자원 블록 (resource block)의 대역폭을 나타내고, Ec는 모든 주파수 자원 블록들에 대한 평균값을 나타낸다.

[0019] 도 1은 한 실시예에 따른 자원 할당 방법에 사용되는 인공 신경망(Neural Network)의 구조를 나타내는 도면이다.

[0020] 도 1을 참조하면, 신경망은 1개의 입력층(input layer)(10), 4개의 은닉층(hidden layer)(20), 1개의 출력층(output layer)(30)을 포함한다.

[0021] 입력층(10)의 길이는 기지국이 서비스하는 단말의 수가 된다. 수학식 1의 벡터 x는 한 실시예에 따른 인공 신경망의 입력층(10)으로 입력된다.

[0022] 은닉층(20)의 길이는 각각 20, 40, 40, 40이 된다. 각각의 은닉층(20)을 통과하면 ReLU(Rectified Linear Unit) 함수(function)가 적용되어 음수값이 0이된다. 이를 통해, 신경망의 비선형성이 증가되어 다양한 함수 표현이 가능하다.

[0023] 출력층(30)에는 (2×단말의 수+2)개의 값이 출력된다. 출력층의 출력값은 두 가지 성질을 나타낸다. 첫번째부터 (단말의 수+1)번째 까지의 출력값은 할당하지 않은 주파수 자원의 비율을 나타낸다. (단말의 수+2)번째부터 (2×단말의 수+2)번째까지의 출력값은 할당하지 않은 주파수 자원 블록의 위치를 나타낸다.

[0024] 기지국에서 단말에게 주파수를 할당하기 전, 출력층(30)의 출력값에 수학식 2의 소프트맥스(softmax) 함수를 적용하여 출력값의 합이 1인 확률의 형태 또는 비율의 형태가 되도록 한다.

수학식 2

[0025]
$$\mathbf{p}_{\mathrm{j},[t]} = \left[\left[y_{j,[t]}\right]_1, \cdots, \left[y_{j,[t]}\right]_{|\mathcal{N}_j|+1}\right]$$

$$\mathbf{q}_{\mathrm{j},[t]} = \left[\left[y_{j,[t]}\right]_{|\mathcal{N}_j|+2}, \cdots, \left[y_{j,[t]}\right]_{2|\mathcal{N}_j|+2}\right]$$

$$\sigma(\mathrm{y})_{\mathrm{i}} = \frac{\exp(\mathrm{y_i})}{\sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{K}}\exp(\mathrm{y_j})}, \forall \mathrm{i} \in \{1,2,\cdots,\mathrm{K}\}$$

$$\mathrm{v}_{\mathrm{j},[t]} = \sigma(\mathrm{p}_{\mathrm{j},[t]})$$

$$\mathrm{u}_{\mathrm{j},[t]} = \sigma(\mathrm{q}_{\mathrm{j},[t]})$$

[0026] 여기서, $\mathrm{y}_{\mathrm{j},[t]}$는 출력층의 벡터값을 나타내고, $\mathbf{p}_{\mathrm{j},[t]}$, $\mathbf{q}_{\mathrm{j},[t]}$는 $\mathrm{y}_{\mathrm{j},[t]}$를 절반의 길이로 나눈 값을 나타내며, $\mathrm{u}_{\mathrm{j},[t]}$, $\mathrm{v}_{\mathrm{j},[t]}$는 $\mathbf{p}_{\mathrm{j},[t]}$, $\mathbf{q}_{\mathrm{j},[t]}$ 벡터를 소프트 맥스 함수 $\sigma(\cdot)$를 통해 합치면 1이 되는 확률의 형태로 변형한 값

을 나타낸다.

[0027] 기지국은 $u_{j,[t]}$, $v_{j,[t]}$를 통해 자원할당 비율, 자원할당을 하지 않은 자원 블록을 판단할 수 있다.

[0028] 도 2는 한 실시예에 따른 인공 신경망의 출력값으로부터 자원할당 비율을 판단하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0029] 도 2를 참조하면, 한 실시예로서, 수학식 2를 통해 도출된 $v_{j,[t]}$의 값(2b), 즉 확률값이 도 2에 도시된 바와 같을 때, 각각의 값들을 100개의 자원 블록에 맞춰서 반올림을 수행한다. 그 결과는 2c와 같으며, 2c에서 마지막 값인 5는 파워를 할당하지 않은(즉, 자원을 할당하지 않은) 자원 블록의 개수를 나타낸다.

[0030] 도 3은 한 실시예에 따른 인공 신경망의 출력값으로부터 할당하지 않은 자원 블록의 위치를 판단하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0031] 도 3을 참조하면, 위에서 v로부터 정해진 5개의 자원 블록에 파워를 할당하지 않는다.

[0032] 한 실시예에 따른 자원 할당 방법을 통해 최대화하고자 하는 함수는 네트워크 유틸리티 함수(network utility function)로서, 함수값은 네트워크 성능(performance)을 나타낸다. 함수값이 클수록 네트워크 성능이 높다는 것을 의미한다. 네트워크 유틸리티 함수는 수학식 3과 같이 정의된다.

수학식 3

[0033]
$$U_{j,[t]}(A_{[t]}) = \sum_{i \in \mathcal{N}} \log\left(\sum_{j \in \mathcal{B}} \sum_{c \in \mathcal{C}} R_{ij,[t]}^{(c)}\right)$$

[0034] 여기서, $A_{[t]}$는 자원 블록 할당을 나타내는 변수이고, $R_{ij,[t]}^{(c)}$는 기지국 j가 단말 i를 자원 블록 c 로 서비스할 때의 데이터 전송 속도이다.

[0035] 네트워크 유틸리티 함수가 신경망의 출력 함수(output function)로 표현되면, 신경망을 업데이트하는 것이 매우 쉬워진다. 하지만, 기지국은 서비스하는 단말의 평균 SINR만 알고 있기 때문에 네트워크 유틸리티 함수를 신경망의 출력 함수(output function)로 표현하는 것은 불가능하다.

[0036] 본 기재는 강화학습을 통해 신경망이 어느 환경에서도 스스로 학습하여 동작할 수 있게 한다.

[0037] 도 4는 한 실시예에 따른 자원 할당 방법의 흐름도이다.

[0038] 도 4를 참조하면, 한 실시예에 따른 자원 할당 방법은, 복수의 난수가 인공 신경망에 복수회 입력되어 각각 얻어진 복수의 제1 출력값을 이용하여 가중치를 학습하는 단계(S100), 학습하는 단계(S100)를 통해 가중치가 갱신된 인공 신경망에 복수의 단말의 신호대간섭잡음비(sinal to interference noise ratio, SINR)가 입력되면, 인공 신경망의 학습 결과를 바탕으로 복수의 단말에게 할당하지 않은 주파수 자원의 비율 및 주파수 자원 블록의 위치를 나타내는 제2 출력값을 도출하는 단계(S200), 그리고 제2 출력값에 기반하여 복수의 단말에게 주파수 자원을 할당하는 단계(S300)를 포함한다.

[0039] 제1 출력값을 이용하여 가중치를 학습하는 단계(S100)는 단말들의 SINR을 신경망에 입력하기에 앞서 강화학습을 위한 가중치를 갱신하는 단계이다. 가중치 학습을 위해 트레이닝 인풋(training input)이 필요하다. 트레이닝 인풋은 다음과 같은 과정을 통해 선택될 수 있다.

[0040] 한 실시예로서 인공 신경망에 10개의 무작위의(random) 시드(seed)가 복수회 입력되어 출력된 각각의 제1 출력값에 대한 로컬 네트워크 유틸리티를 구하고, 가장 큰 로컬 네트워크 유틸리티 값을 갖는 시드를 트레이닝 인풋으로 선택한다. 로컬 네트워크 유틸리티는 수학식 4와 같다.

수학식 4

$$U_{j,[t]}(A_t) = \sum_{i \in \mathcal{N}_j} \log\left(\sum_{j \in \mathcal{B}} \sum_{c \in \mathcal{C}} R_{ij,[t]}^{(c)}\right)$$

[0041]

[0042] 여기서, N_j는 기지국 j가 서비스하는 단말을 나타낸다.

[0043] 로컬 네트워크 유틸리티를 사용하는 이유는 기지국 간 단말에게 전달하는 데이터 전송 속도(data rate)를 교환할 수 없기 때문이다.

[0044] 선택된 트레이닝 인풋과 출력층의 결과값을 비교하여 더 큰 값을 러닝(learning)에 사용한다. 트레이닝 인풋은 수학식 5와 같이 수식화될 수 있다.

수학식 5

$$i_j^* = \arg\max_{1 \le i \le M} U_{j,[t]}(\mathbf{S}_{i,[t]})$$

$$D_{[t]} = S_{i_j^*,[t]},$$

$$[\mathbf{r}_{j,[t]}]_i = \begin{cases} \frac{\sum_{c \in \mathcal{C}} d_{ij,[t]}^{(c)}}{C}, & \text{if } i \in [1, |\mathcal{N}_j|], \\ 1 - \frac{\sum_{c \in \mathcal{C}} d_{ij,[t]}^{(c)}}{C}, & \text{if } i = |\mathcal{N}_j| + 1, \end{cases}$$

$$[\mathbf{n}_{j,[t]}]_i = \begin{cases} 1, & \text{if } i = B_{j,[t]} \\ 0, & \text{otherwise,} \end{cases}$$

[0045]

[0046] 여기서, i_j^*는 M개의 시드 중에서 가장 큰 네트워크 유틸리티를 가지는 시드의 번호를 나타내고, $D_{[t]}$는 가장 큰 네트워크 유틸리티를 가지는 i_j^* 번째 시드를 나타내며, $[\mathbf{r}_{j,[t]}]_i$는 시드 $D_{[t]}$의 자원 블록 할당 비율을 나타낸다. $[\mathbf{n}_{j,[t]}]_i$는 시드 $D_{[t]}$에서 자원 블록을 할당하지 않은 위치를 벡터 형태로 나타낸 값이다. $S_{i,[t]}$는 한 실시예로서 각 10개의 시드로 정의될 수 있다. $B_{j,[t]}$는 할당하지 않은 자원 블록의 위치를 나타낸다.

[0047] 단말들의 SINR에 대한 신경망의 출력층 결과와 선택된 트레이닝 인풋에 대한 신경망의 출력층 결과를 이용하여 로스 함수(loss function)을 구하고, 로스 함수를 최소화하는 값으로 가중치를 갱신한다. 경사 하강법(gradient descent)을 이용하여 로스 함수를 최소화한다. 로스 함수는 수학식 6과 같다.

수학식 6

$$L(v_{j,[t]}, u_{j,[t]}, r_{j,[t]}, n_{j,[t]}) = \|v_{j,[t]} - r_{j,[t]}\|_2^2 + \|u_{j,[t]} - n_{j,[t]}\|_2^2$$

[0048]

[0049] 도 5는 한 실시예에 따른 자원 할당 방법에서 트레이닝 인풋을 정하는 예시를 나타내는 도면이다.

[0050] 도 5는 한 실시예로서 10개의 시드 중 한 개의 시드를 입력하여 출력된 자원 할당 비율 및 할당되지 않은 자원 블록의 위치를 나타낸다. 한 개의 시드는 단말 수만큼의 인풋을 포함한다.

[0051] 도 6은 한 실시예에 따른 자원 할당 방법의 가중치 학습 알고리즘을 나타내는 도면이다.

[0052] 제2 출력값을 도출하는 단계(S200)는 가중치 학습을 통해 가중치가 갱신된 신경망에 단말들의 SINR을 입력하여 단말들에게 할당하지 않은 주파수 자원의 비율 및 주파수 자원 블록의 위치를 나타내는 제2 출력값을 도출한다.

[0053] 제2 출력값에 기반하여 복수의 단말에게 주파수 자원을 할당하는 단계(S300)는 도출된 주파수 자원의 비율 및 주파수 자원 블록의 위치에 기반하여 복수의 단말에게 주파수 자원을 할당한다.

[0054] 도 7은 한 실시예에 따른 자원 할당 장치의 블록도이다.

[0055] 도 7을 참조하면, 한 실시예에 따른 기지국의 자원 할당 장치(1)는, 난수 생성부(210)에 의해 복수의 난수가 인공 신경망에 복수회 입력되어 각각 얻어진, 복수의 제1 출력값을 이용하여 가중치를 학습하는 가중치 학습부(220), 가중치 학습부(220)를 통해 가중치가 갱신된 인공 신경망에 SINR 측정부(100)로부터 측정된 복수의 단말의 SINR이 입력되면, 인공 신경망의 학습 결과를 바탕으로 복수의 단말에게 할당하지 않은 주파수 자원의 비율 및 주파수 자원 블록의 위치를 나타내는 제2 출력값을 도출하는 출력부(240), 그리고 제2 출력값에 기반하여 복수의 단말에게 주파수 자원을 할당하는 자원할당부(500)를 포함한다.

[0056] 도 8은 한 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 블록도이다.

[0057] 도 8을 참조하면, 한 실시예에 따른 무선 통신 시스템은, 기지국(1510)과 단말(1520)을 포함한다.

[0058] 기지국(1510)은, 프로세서(processor)(1511), 메모리(memory)(1512), 그리고 무선 통신부(radio frequency unit, RF unit)(1513)를 포함한다.

[0059] 메모리(1512)는 프로세서(1511)와 연결되어 프로세서(1511)를 구동하기 위한 다양한 정보 또는 프로세서(1511)에 의해 실행되는 적어도 하나의 프로그램을 저장할 수 있다. 무선 통신부(1513)는 프로세서(1511)와 연결되어 네트워크 스위치로 입력된 패킷을 프로세서(1511)로 무선 신호를 전달하고, 프로세서(1511)에서 처리된 패킷을 네트워크 스위치의 외부로 출력송수신 할 수 있다. 프로세서(1511)는 본 기재의 실시예에서 제안한 기능, 과정, 또는 방법을 구현할 수 있다. 이때, 본 기재의 한 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 무선 인터페이스 프로토콜 계층은 프로세서(1511)에 의해 구현될 수 있다. 한 실시예에 따른 기지국(1510)의 동작은 프로세서(1511)에 의해 구현될 수 있다.

[0060] 단말(1520)은, 프로세서(1521), 메모리(1522), 그리고 무선 통신부(1523)를 포함한다. 메모리(1522)는 프로세서(1521)와 연결되어 프로세서(1521)를 구동하기 위한 다양한 정보 또는 프로세서(1521)에 의해 실행되는 적어도 하나의 프로그램을 저장할 수 있다. 무선 통신부(1523)는 프로세서(1521)와 연결되어 무선 신호를 송수신 할 수 있다. 프로세서(1521)는 본 기재의 실시예에서 제안한 기능, 단계, 또는 방법을 구현할 수 있다. 이때, 본 기재의 한 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 무선 인터페이스 프로토콜 계층은 프로세서(1521)에 의해 구현될 수 있다. 한 실시예에 따른 단말(1520)의 동작은 프로세서(1521)에 의해 구현될 수 있다.

[0061] 본 기재의 실시예에서 메모리는 프로세서의 내부 또는 외부에 위치할 수 있고, 메모리는 이미 알려진 다양한 수단을 통해 프로세서와 연결될 수 있다. 메모리는 다양한 형태의 휘발성 또는 비휘발성 저장 매체이며, 예를 들어, 메모리는 읽기 전용 메모리(read-only memory, ROM) 또는 랜덤 액세스 메모리(random access memory, RAM)를 포함할 수 있다.

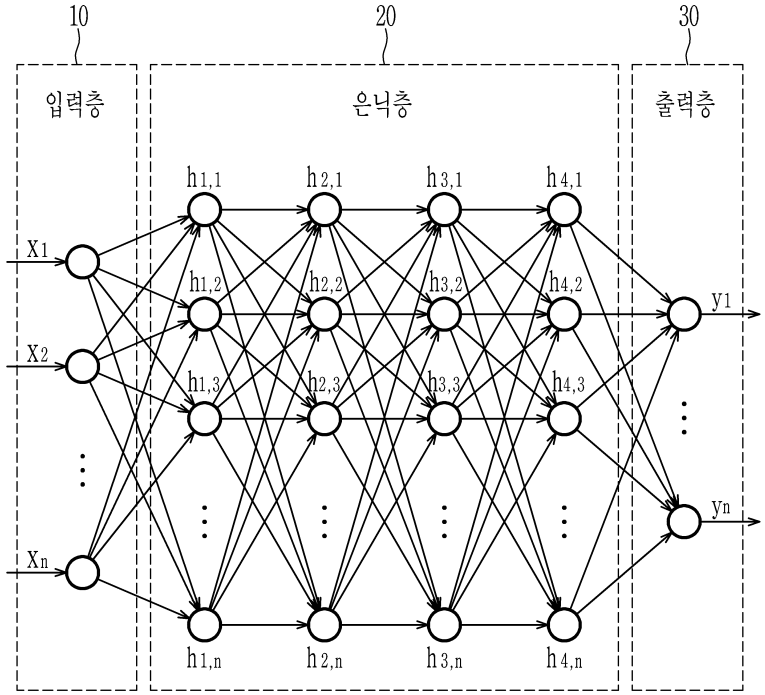
[0062] 도 9는 무선 자원 관리(Radio Resource Management, RRM) 주기(Period)에 대한 데이터 전송 속도(data rate)의 기하 평균의 변화를 나타내는 도면이다.

[0063] 도 9를 참조하면, 시간이 지남에 따라 채널 정보가 계속 달라지기 때문에 항상 같은 자원을 할당하는 기술의 성능도 계속 변하게 된다. 본 기재는 처음에는 약 5.6Mbps의 네트워크 성능을 가지고, 일정 무선 자원 관리 주기가 지난 이후에는 약 7% 가량 더 높은 5.74Mbps의 네트워크 성능을 가진다. 500개의 시드(seed)를 뿌려 최대 네트워크 유틸리티를 찾는 알고리즘에 따르면 기지국 간 정보 교환이 있는 환경에서 500개의 시드 중 가장 높은 네트워크 유틸리티 함수를 찾는 것이 가능하므로, 약 10% 높은 성능을 나타낸다.

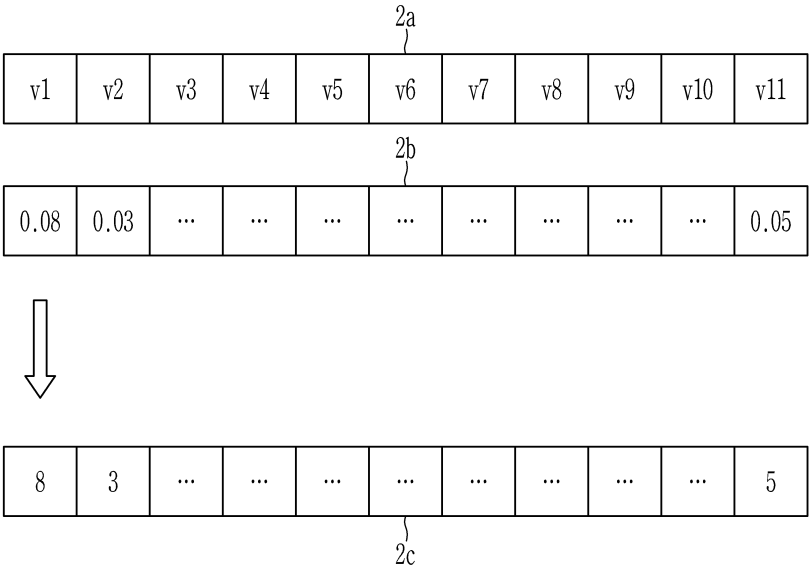
[0064] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

도면

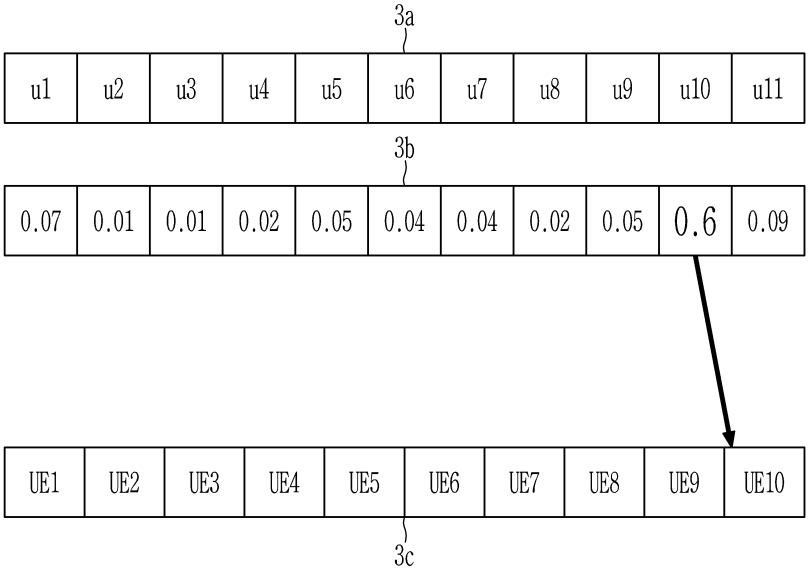
도면1


10
20
30
입력층
은닉층
출력층
X1
X2
Xn
h1,1
h1,2
h1,3
h1,n
h2,1
h2,2
h2,3
h2,n
h3,1
h3,2
h3,3
h3,n
h4,1
h4,2
h4,3
h4,n
y1
yn

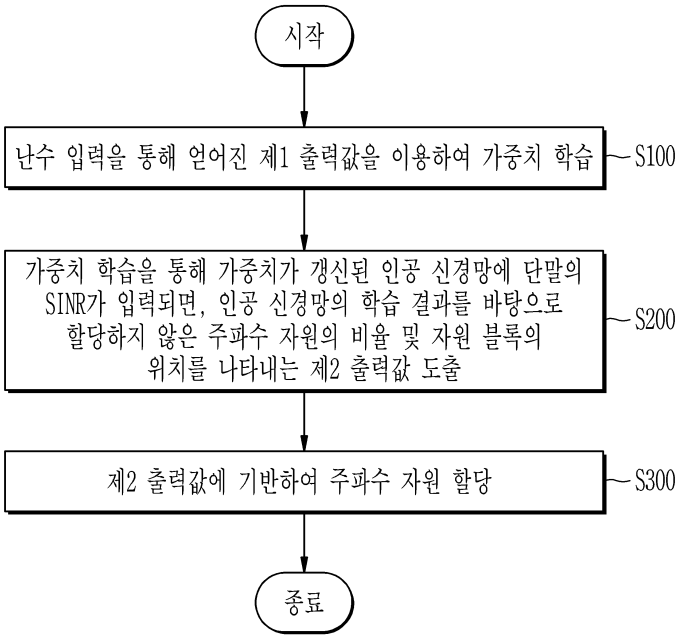
도면2


2a
v1
v2
v3
v4
v5
v6
v7
v8
v9
v10
v11
2b
0.08
0.03
…
0.05
8
3
5
2c

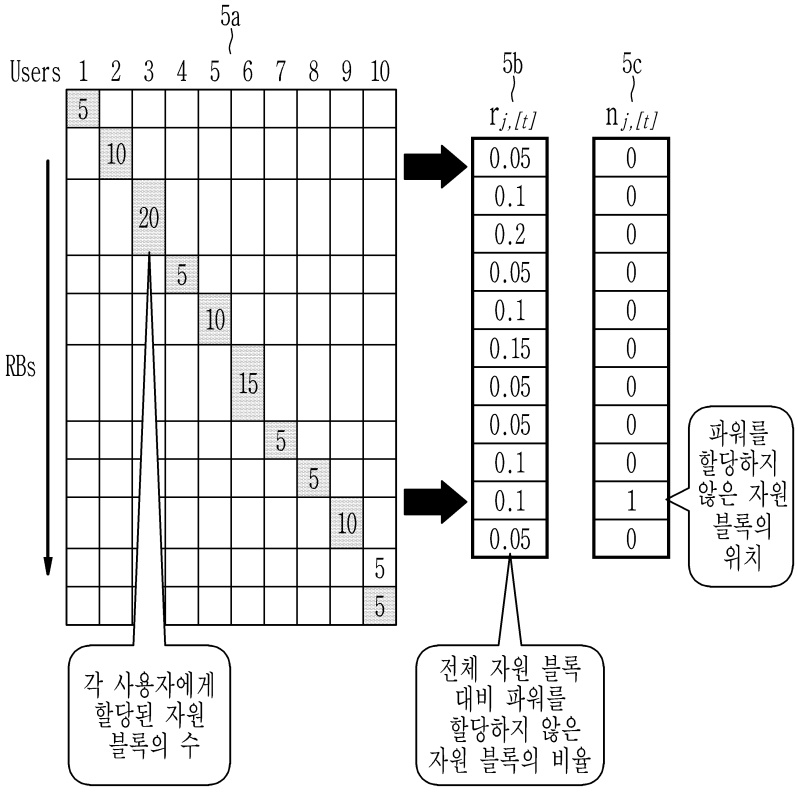
도면3


3a
u1
u2
u3
u4
u5
u6
u7
u8
u9
u10
u11
3b
0.07
0.01
0.01
0.02
0.05
0.04
0.04
0.02
0.05
0.6
0.09
UE1
UE2
UE3
UE4
UE5
UE6
UE7
UE8
UE9
UE10
3c

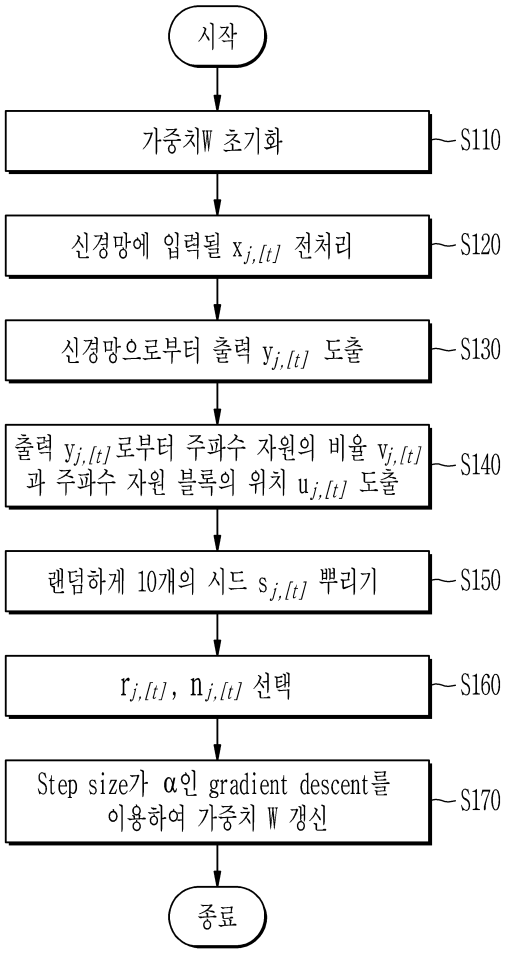
도면4


시작
난수 입력을 통해 얻어진 제1 출력값을 이용하여 가중치 학습
S100
가중치 학습을 통해 가중치가 갱신된 인공 신경망에 단말의 SINR가 입력되면, 인공 신경망의 학습 결과를 바탕으로 할당하지 않은 주파수 자원의 비율 및 자원 블록의 위치를 나타내는 제2 출력값 도출
S200
제2 출력값에 기반하여 주파수 자원 할당
S300
종료

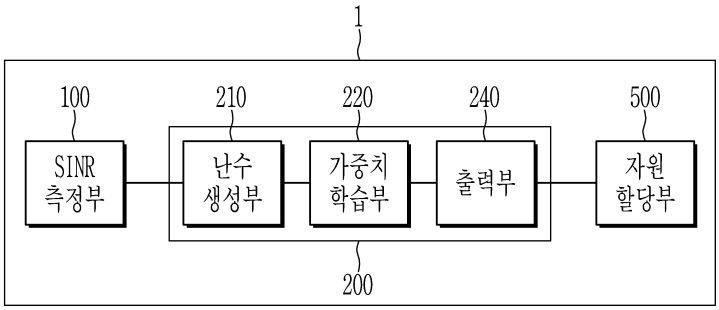
도면5


5a
Users 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
RBs
5
10
20
5
10
15
5
5
10
5
5
5b
$r_{j,[t]}$
0.05
0.1
0.2
0.05
0.1
0.15
0.05
0.05
0.1
0.1
0.05
5c
$n_{j,[t]}$
0
0
0
0
0
0
0
0
0
1
0
파워를 할당하지 않은 자원 블록의 위치
각 사용자에게 할당된 자원 블록의 수
전체 자원 블록 대비 파워를 할당하지 않은 자원 블록의 비율

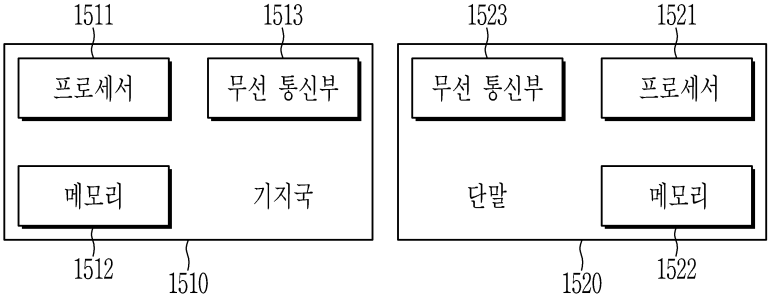
도면6


시작
가중치W 초기화
S110
신경망에 입력될 $x_{j,[t]}$ 전처리
S120
신경망으로부터 출력 $y_{j,[t]}$ 도출
S130
출력 $y_{j,[t]}$로부터 주파수 자원의 비율 $v_{j,[t]}$과 주파수 자원 블록의 위치 $u_{j,[t]}$ 도출
S140
랜덤하게 10개의 시드 $s_{j,[t]}$ 뿌리기
S150
$r_{j,[t]}$, $n_{j,[t]}$ 선택
S160
Step size가 α인 gradient descent를 이용하여 가중치 W 갱신
S170
종료

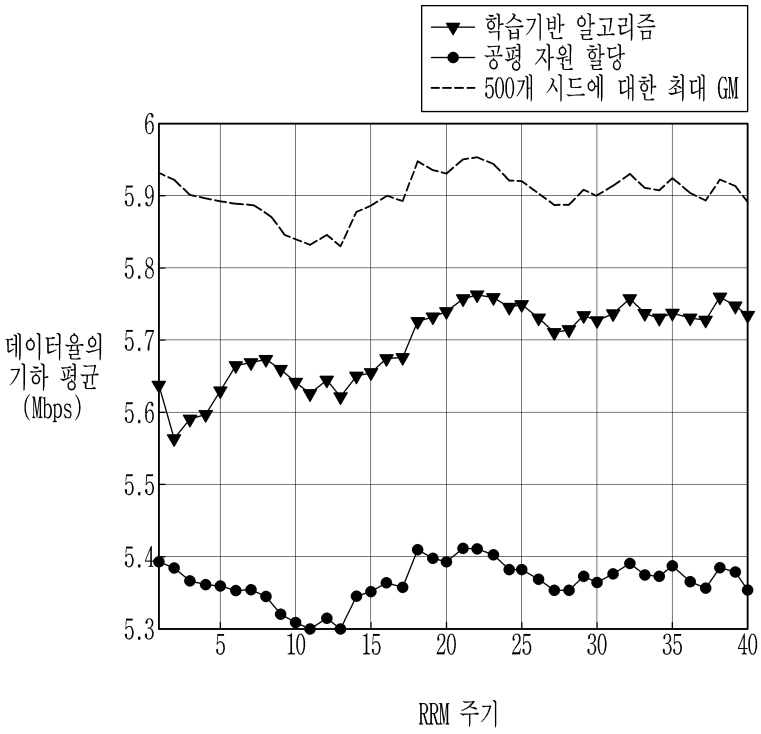
도면7


1
100
210
220
240
500
SINR 측정부
난수 생성부
가중치 학습부
출력부
자원 할당부
200

도면8


1511
1513
1523
1521
프로세서
무선 통신부
무선 통신부
프로세서
메모리
기지국
단말
메모리
1512
1510
1520
1522

도면9


학습기반 알고리즘
공평 자원 할당
500개 시드에 대한 최대 GM
데이터율의 기하 평균 (Mbps)
6
5.9
5.8
5.7
5.6
5.5
5.4
5.3
5
10
15
20
25
30
35
40
RRM 주기