



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년02월01일
(11) 등록번호 10-0800657
(24) 등록일자 2008년01월28일

(51) Int. Cl.
H04B 7/26 (2006.01) H04B 7/14 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2006-0115086
(22) 출원일자 2006년11월21일
심사청구일자 2006년11월21일
(56) 선행기술조사문헌
KR20060105187 A
US06748233 A1

(73) 특허권자
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 매탄동 416
서강대학교산학협력단
서울 마포구 신수동 1-1 서강대학교
(72) 발명자
이재훈
서울특별시 양천구 신정6동 신시가저13단지아파트
1302동 501호
황성택
경기도 평택시 독곡동 대림아파트 102동 303호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이건주

전체 청구항 수 : 총 6 항

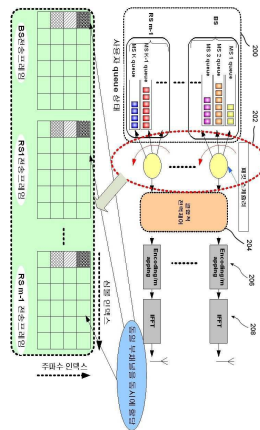
심사관 : 천대녕

(54) 유선 중계국을 활용한 셀룰러 시스템에서의 전력 제어 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 유선 중계국(RS: Relay Station)을 활용한 셀룰러 시스템의 기지국(BS: Base Station)에서의 전력 제어 방법에 있어서, RS/BS에서 해당 커버리지의 이동단말기(MS: Mobile Station)로 전송될 패킷들에 대해 개별적으로 스케줄링을 수행하는 과정과, BS에서 스케줄링의 수행 결과에 따라 전송되어야 할 신호의 합과 간섭 신호의 합에 대한 차이를 크게 하며, 각 MS들이 수신 받는 최소 데이터량을 보장하며, RS/BS에서 미리 설정된 할당 가능한 전력의 범위에 있는 지의 조건을 만족하는 각 MS들의 전력 할당 해를 계산하는 과정과, 조건을 만족하는 전력 할당 해에 따라 RS/BS에서 부채널 할당 및 전력 할당을 수행하는 과정을 수행한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

성원진

서울특별시 서초구 잠원동 60-7 녹원한신아파트
101동 505호

최진우

서울특별시 서초구 반포4동 서래아파트 4동 604호

이병석

충청남도 논산시 노성면 가곡리 55

송인홍

서울특별시 송파구 문정동 68번지 4층

특허청구의 범위

청구항 1

유선 중계국(RS: Relay Station)을 활용한 셀룰러 시스템의 기지국(BS: Base Station)에서의 전력 제어 방법에 있어서,

상기 RS/BS에서 해당 커버리지의 이동단말기(MS: Mobile Station)로 전송될 패킷들에 대해 개별적으로 스케줄링을 수행하는 과정과,

상기 BS에서 상기 스케줄링의 수행 결과에 따라 전송되어야 할 신호의 합과 간섭 신호의 합에 대한 차이를 크게 하며, 각 MS들이 수신 받는 최소 데이터량을 보장하며, 상기 RS/BS에서 미리 설정된 할당 가능한 전력의 범위에 있는 지의 조건을 만족하는 각 MS들의 전력 할당 해를 계산하는 과정과,

상기 조건을 만족하는 전력 할당 해에 따라 상기 RS/BS에서 부채널 할당 및 전력 할당을 수행하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 전력 제어 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 조건을 만족하는 전력 할당 해가 없는 경우에, 상기 RS/BS에서 부채널 할당 및 동일한 전력 할당을 수행하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 전력 제어 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 BS에서 상기 스케줄링의 수행 결과에 따라 전송되어야 할 신호의 합과 간섭 신호의 합에 대한 차이를 크게 하는 것은 하기 수학적 식 15에 따르며, 상기 각 MS들이 수신 받는 최소 데이터량을 보장하는 것은 하기 수학적 식 16에 따른 최소 SINR 값을 보장하는 것이며, 상기 RS/BS에서 미리 설정된 할당 가능한 전력의 범위에 있는 지를 확인하는 것은 하기 수학적 식 17에 따른 것임을 특징으로 하는 전력 제어 방법.

수학적 식 15

$$\begin{aligned} & \text{maximize } \sum Y_{\text{diagonal entry}} - \sum Y_{\text{off-diagonal entry}} \\ \Leftrightarrow & \text{maximize } \sum_k |h_{k,m}|^2 \cdot |x_{k,m}|^2 - \sum_k \sum_{p=m}^M |h_{k,p}|^2 \cdot |x_{s(p),p}|^2 + w_k \end{aligned}$$

수학적 식 16

$$\frac{|h_{k,m}|^2 \cdot |x_{k,m}|^2}{\sum_{p=m}^M |h_{k,p}|^2 \cdot |x_{s(p),p}|^2 + w_k} \geq \gamma_k^{\text{minimum SINR}}, \forall k$$

수학적 식 17

$$\sqrt{p_{\min}} \leq |x_{k,m}| \leq \sqrt{p_{\max}}, \forall k$$

상기에서, 변수 Y는 수신 신호 행렬을 의미하며, Y의 (j, i) 성분은 하기 수학적 식 18과 같이 표현되며, 상기에서 각 변수들은 하기 표 4과 같이 정의된다.

수학적 식 18

$$y_{j,i} = \sum_{m=1}^M h_{j,m} \cdot x_{i,m}$$

표 4

매개 변수	설명
$k (k=1, \dots, K)$	MS 인덱스
$m (m=1, \dots, M)$	노드(BS/RS) 인덱스
$h_{k,m}$	노드 m 과 MS k 사이의 채널
$s(m)$	노드 m 으로부터 서비스를 받는 MS 인덱스 집합
$x_{k,m}$	노드 m 으로부터 MS k 로 전송된 신호
$y_{k,m}$	노드 m 에서 MS k 로 수신된 신호
w_k	MS k 에서 잡음 신호
P_{\min}, P_{\max}	MS k 에 할당된 전력의 최소값과 최대 값

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 BS, RS의 전송 프레임은 각각 N개의 부채널(sub-channel)로 구성되며, 상기 N개의 부채널 군으로 구성된 전송 프레임들은 주파수/시간적으로 서로 동기화되며, 하나의 채널은 하나의 MS에만 할당되며, 상기 각 스케줄러는 동일 부채널을 동시에 해당 MS에 할당함을 특징으로 하는 전력 제어 방법.

청구항 5

유선 중계국(RS: Relay Station)을 활용한 셀룰러 시스템에서의 전력 제어 장치에 있어서, 해당 커버리지의 이동단말기(MS: Mobile Station)들의 관련 제어 정보를 기지국(BS: Base Station)으로 전달하며, 해당 MS로 전송될 패킷들에 대해 개별적인 패킷 스케줄러에 의해 독립적으로 스케줄링을 수행하며, 해당 MS로 전송될 프레임에 대한 채널 부호화, 성상도 매핑 및 변조를 수행하여 해당 MS로 전송하는 다수의 유선 중계국(RS)과,

자체 커버리지의 MS로 전송될 패킷들에 대해 개별적인 패킷 스케줄러에 의해 스케줄링을 수행하며, 자체 커버리지의 MS로 전송될 프레임에 대한 채널 부호화, 성상도 매핑 및 변조를 수행하여 해당 MS로 전송하며, 상기 다수의 RS로부터 전달된 제어 정보를 기반으로, 상기 각 RS에서 또한 자체에서 스케줄링된 각 MS에 전송될 패킷들에 대해서 서로 조합적으로 전력 할당을 하는 기지국(BS)을 포함하며,

상기 BS, RS의 전송 프레임은 각각 N개의 부채널(sub-channel)로 구성되며, 상기 N개의 부채널 군으로 구성된 전송 프레임들은 주파수/시간적으로 서로 동기화되며, 하나의 채널은 하나의 MS에만 할당되며, 상기 각 스케줄러는 동일 부채널을 동시에 해당 MS에 할당함을 특징으로 하는 전력 제어 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 BS에서 각 MS에 전송될 패킷들에 대해서 서로 조합적으로 전력 할당을 하는 것은 상기 스케줄링의 수행 결과에 따라 전송되어야 할 신호의 합과 간섭 신호의 합에 대한 차이를 크게 하며, 각 MS들이 수신 받는 최소 데이터량을 보장하며, 상기 RS/BS에서 미리 설정된 할당 가능한 전력의 범위에 있는 지의 조건을 만족하는 각 MS들의 전력 할당 해에 따라 전력 할당을 수행함을 특징으로 하는 전력 제어 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<9> 본 발명은 전용회선 및 대역을 이용한 셀룰러 통신 시스템('유선 RS 시스템' 또는 'Radio over Fiber; RoF' 시스템)에서 사용자의 공평성과 작동 불능(Outage) 확률을 향상시키기 위한 기지국(Base Station; BS)과 중계국(Relay Station; RS)들간의 중앙 집중식 전력제어 방식에 관한 기술이다.

<10> 셀룰러 통신 시스템에서 수율(throughput)과 사용자별 서비스 품질(QoS)은 전송 효율을 결정하는 주요 지표이다. 전력제어는 이러한 성능 지표들을 향상시키는 역할을 한다. 특히 사용자별 수신 전력을 균등하게 하여 신호 품질을 나타내는 지표, 즉 신호 대 간섭 잡음 비(Signal to Interference and Noise Ratio; SINR)를 일정 값으로 유지 시킨다. 많은 형태의 전력제어 알고리즘들은 셀 내부에서 각 단말기들의 전력제어에 초점을 두어 개별 기지국 마다 독립적인 전력제어가 이루어지는 형태이다.

<11> 도 1과 같이 RoF 시스템은 셀(cell)이 각 BS/RS별로 서비스 영역이 나누어져 작은 셀들로 분할된 셀룰러 시스템으로 볼 수 있다. 기존의 다수 전력제어 알고리즘들은 각 서비스 영역에서 독립적으로 적용된다. 셀 내부의 주파수 재사용 계수가 1일 때 즉, 각 서비스 영역 마다 동일한 주파수를 사용할 때 MS A와 같이 커버리지 경계에 위치한 단말기들은 다른 서비스 영역의 간섭 신호로 인해 심각한 간섭을 겪게 된다. BS에서 독립적으로 전력제어가 이루어질 때는 MS A에 최대 전력을 할당해 주어 SINR 값을 높여준다. 하지만 BS에서 MS A에 대한 전력 증가로 다른 RS의 서비스 영역에 있는 단말기들이 받는 간섭 양이 증가하게 된다. 특히 다른 서비스 영역의 경계에 있는 단말기들, 예를 들면 도 1에서 MS B와 같은 단말기는 간섭 신호의 크기가 증가하여 SINR값의 감소가 발생한다. 따라서 BS와 RS의 서비스 영역에서 할당 전력 간의 정보 교환이 이루어지지 않고 독립적인 전력 제어가 이루어지면 분할된 셀 내의 경계에 위치한 단말기들의 SINR값을 향상 시키는 데는 한계가 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<12> 따라서, 본 발명은 기지국과 중계국들 간에 결합적 전력제어를 통해 사용자의 서비스 품질(QoS)과 공정성(fairness)을 극대화 시키고자 한다.

<13> 이에 본 발명의 일 견지에 따르면, 유선 중계국(RS: Relay Station)을 활용한 셀룰러 시스템의 기지국(BS: Base Station)에서의 전력 제어 방법에 있어서, 상기 RS/BS에서 해당 커버리지의 이동단말기(MS: Mobile Station)로 전송될 패킷들에 대해 개별적으로 스케줄링을 수행하는 과정과, 상기 BS에서 상기 스케줄링의 수행 결과에 따라 전송되어야 할 신호의 합과 간섭 신호의 합에 대한 차이를 크게 하며, 각 MS들이 수신 받는 최소 데이터량을 보장하며, 상기 RS/BS에서 미리 설정된 할당 가능한 전력의 범위에 있는 지의 조건을 만족하는 각 MS들의 전력 할당 해를 계산하는 과정과, 상기 조건을 만족하는 전력 할당 해에 따라 상기 RS/BS에서 부채널 할당 및 전력 할당을 수행하는 과정을 수행함을 특징으로 한다.

<14> 본 발명의 다른 견지에 따르면, 유선 중계국(RS)을 활용한 셀룰러 시스템에서의 전력 제어 장치에 있어서, 해당 커버리지의 이동단말기(MS)들의 관련 제어 정보를 기지국(BS)으로 전달하며, 해당 MS로 전송될 패킷들에 대해 개별적인 패킷 스케줄러에 의해 독립적으로 스케줄링을 수행하며, 해당 MS로 전송될 프레임에 대한 채널 부호화, 성상도 매핑 및 변조를 수행하여 해당 MS로 전송하는 다수의 유선 중계국(RS)과; 자체 커버리지의 MS로 전송될 패킷들에 대해 개별적인 패킷 스케줄러에 의해 스케줄링을 수행하며, 자체 커버리지의 MS로 전송될 프레임에 대한 채널 부호화, 성상도 매핑 및 변조를 수행하여 해당 MS로 전송하며, 상기 다수의 RS로부터 전달된 제어 정보를 기반으로, 상기 각 RS에서 또한 자체에서 스케줄링된 각 MS에 전송될 패킷들에 대해서 서로 조합적으로 전력 할당을 하는 기지국(BS)을 포함하며; 상기 BS, RS의 전송 프레임은 각각 N개의 부채널(sub-channel)로 구성되며, 상기 N개의 부채널 군으로 구성된 전송 프레임들은 주파수/시간적으로 서로 동기화되며, 하나의 채널은 하나의 MS에만 할당되며, 상기 각 스케줄러는 동일 부채널을 동시에 해당 MS에 할당함을 특징으로 한다.

발명의 구성 및 작용

<15> 이하 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 하기 설명에서는 구체적인 구성 소자 등과 같은 특정 사항들이 나타나고 있는데 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐 이러한 특정 사항들이 본 발명의 범위 내에서 소정의 변형이나 혹은 변경이 이루어질 수 있음은 이 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 자명하다 할 것이다.

<16> 본 발명에서는 RoF 시스템에서 BS/RS와 MS 사이에서 교신을 위한 모든 알고리즘은 BS에서만 수행되고 RS에서는 단지 전송만 이루어지는 집중식 셀룰러 시스템을 기본적인 모델로 설정한다. 따라서 모든 신호에 대한 제어 정보는 BS로 수집된다. BS에서는 이를 기반으로 각 MS들에게 최적의 전력을 할당하게 된다. 이에 대한 개괄적인 형태는 도 2에 도시 되었다.

<17> 도 2를 참조하면, 본 발명에서는 BS와 각 RS의 각각의 사용자 큐(200)에 저장된 해당 MS로 전송될 패킷들은 각각 개별적인 패킷 스케줄러(202)에 의해 독립적으로 스케줄링이 이루어지고 스케줄링된 각 MS에 전송될 패킷들에 대해서는 BS의 결합적 전력제어 모듈(204)에서 서로 조합적으로 전력 할당이 이루어진다. 이후 나머지의 동

작 즉, 채널 부호화, 성상도 매핑 및 IFFT 변조 등은 BS/RS별로 독립적으로 채널 부호/성상도 매핑기(206) 및 IFFT 변조기(208)에 의해 수행되어 해당 MS들로 전송된다. 도 2의 시스템에 본 발명에 따른 방식의 적용을 위해 다음과 같은 가정을 한다.

- <18> - BS, RS들은 명확한 서비스 영역을 가진다. 즉 BS 또는 RS들은 각각 하나의 MS에게 데이터 전송을 한다.
- <19> - BS, RS의 전송 프레임은 각각 N개의 부채널(sub-channel)로 구성되며 N개의 부채널 균으로 구성된 전송 프레임들은 주파수/시간적으로 서로 동기화 되어 있다.
- <20> - 단말기에서의 간섭은 동일 채널에 대해서만 발생한다.
- <21> - BS, RS들은 하나의 채널을 하나의 단말기에만 할당한다.
- <22> - BS, RS들의 각 스케줄러는 도 2와 같이 동일 부채널을 동시에 각 MS에 할당한다.
- <23> 이와 같은 시스템은 수학적 모델로 표현이 가능하며 이를 위해 표 1과 같은 매개 변수를 정의 한다.

표 1

매개 변수	설명
$t_n (n=1, \dots, N)$	하나의 부채널을 할당하는 스케줄링 시간 구간
$k (k=1, \dots, K)$	MS 인덱스
$m (m=1, \dots, M)$	노드(BS/RS) 인덱스
$h_{k,m}$	노드 m 과 MS k 사이의 채널
$s(m)$	노드 m 으로부터 서비스를 받는 MS 인덱스 집합
$x_{k,m}$	노드 m 으로부터 MS k 로 전송된 신호
$y_{k,m}$	노드 m 에서 MS k 로 수신된 신호
w_k	단말 k 에서 잡음 신호
P_{\min}, P_{\max}	단말 k 에 할당된 전력의 최소값과 최대 값

- <24>
- <25> 이로부터 채널 행렬 H , 송신 신호 행렬 X , 잡음 \bar{W} 는 다음 수학적 식 1과 같이 표현된다.

수학적 식 1

$$H = \begin{bmatrix} h_{1,1} & \dots & h_{1,M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{K,1} & \dots & h_{K,M} \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} x_{1,1} & \dots & x_{1,M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{K,1} & \dots & x_{K,M} \end{bmatrix}, W = \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_K \end{bmatrix}$$

- <26>
- <27> N개의 부채널 균이 모두 동일 채널 특성(flat-fading)을 갖고 있다면 수신 신호 행렬 Y 는 다음 수학적 식 2와 같이 표현된다.

수학적 식 2

$$Y = HX^T$$

- <28>
- <29> 이때 행렬 Y 의 (j, i) 성분은 특정 RS로부터 MS i 에 전송된 신호가 MS j 에 수신된 크기를 의미하게 되며 아래와 수학적 식 3과 같이 표현된다.

수학적 식 3

$$y_{j,i} = \sum_{m=1}^M h_{j,m} \cdot x_{i,m}$$

- <30>
- <31> 수신 신호 행렬 Y 는 도 3과 같은 특징을 가진다. 즉, 대각 원소는 원하는 신호(desired signal)를 나타내고, 비 대각 원소는 간섭 신호(interference signal)를 나타낸다. BS와 각 RS가 명확한 서비스 영역을 갖는 경우 행렬 X 성분 중 개별 MS의 커버리지 영역에 속하지 않는 전송 신호를 나타내는 성분들은 모두 0이 된다. 이는 하기 수

학식 4와 같이, 표현할 수 있다.

수학식 4

<32>
$$x_{k,m} = \begin{cases} x_{k,m} & \text{if } k \in s(m) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

<33> 또한 특정 스케줄링 시간 t_n 에서 BS, RS들은 각각 하나의 MS에만 데이터를 송신할 때 집합 $s(m)$ 의 원소 중 해당 단말기를 제외한 나머지 원소들은 0의 값을 가진다. 따라서 행렬 X의 행(row) 성분들은 모두 0인 값을 갖거나 하나의 성분만 전송 신호 값을 가지며 전체 송신 행렬 성분 중 최대 M개의 성분만 0이 아닌 값을 가진다. 이때의 Y행렬의 (j,i)성분은 수학식 5와 같이 표현된다.

수학식 5

<34>
$$y_{j,i} = h_{j,m} \cdot x_{i,m}, i \in s(m)$$

<35> 이 때 MS k의 원하는 신호와 간섭 신호는 각각 하기 수학식 6, 7과 같다.

수학식 6

<36>
$$S_k = h_{k,m} \cdot x_{k,m}, k \in s(m)$$

수학식 7

<37>
$$I_k = \sum_{p \neq m}^M h_{k,p} \cdot x_{s(p),p}$$

<38> MS k에서 신호대 간섭 및 잡음비(Signal to Interference and Noise Ratio; SINR)는 하기 수학식 8과 같이 계산된다.

수학식 8

<39>
$$\gamma_k = \frac{|h_{k,m}|^2 \cdot |x_{k,m}|^2}{\sum_{p \neq m}^M |h_{k,p}|^2 \cdot |x_{s(p),p}|^2 + w_k}$$

<40> 또한 MS k에서 전송 가능한 데이터량은 샤논(Shannon)의 채널 용량 공식에 의해 하기 수학식 9와 같이 표현된다.

수학식 9

<41>
$$d_{bit}^k = BW_{sub\ channel} \cdot \log_2(1 + \gamma_k)$$

<42> 또한 시스템 전체에 전송된 데이터량은 하기 수학식 10과 같다.

수학식 10

<43>
$$Throughput_{system} = \sum_k d_{bit}^k$$

<44> 한편 시스템 전체의 수율(throughput)을 극대화 하면서 각 MS들이 수신 받는 최소 데이터량을 보장하기 위해서는 적절한 구속 조건 하에서 수신 행렬 Y의 대각 성분과 간섭 신호를 나타내는 성분들의 비 즉, SINR 값 γ 를 극대화시켜야 한다. 이를 위해 본 발명에서는 다음과 같은 선형 계획(Linear Programming; LP)을 이용하여 결합적 전력제어 방식을 제안한다.

<45> 목적 함수

수학식 11

<46> maximize $\sum Y_{\text{diagonal entry}} - \sum Y_{\text{off-diagonal entry}}$

수학식 12

<47> \Leftrightarrow maximize $\sum_k |h_{k,m}|^2 \cdot |x_{k,m}|^2 - \sum_k \sum_{p=m}^M |h_{k,p}|^2 \cdot |x_{s(p),p}|^2 + w_k$

<48> 구속 조건(constraints)

<49> 1. 보장 되어야 할 최소 SINR값

수학식 13

<50> $\frac{|h_{k,m}|^2 \cdot |x_{k,m}|^2}{\sum_{p=m}^M |h_{k,p}|^2 \cdot |x_{s(p),p}|^2 + w_k} \geq \gamma_k^{\text{minimum SINR}}, \forall k$

<51> 2. 전력 범위

수학식 14

<52> $\sqrt{P_{\min}} \leq |x_{k,m}| \leq \sqrt{P_{\max}}, \forall k$

<53> 상기에서, 수학식 11은 행렬 Y에서 대각행렬 성분의 합과 간섭 신호를 나타내는 행렬 Y의 합의 차를 최대화하는 수식을 나타낸다. 이에 대한 구체적인 표현은 상기 수학식 12로 표현되었다. 전송되어야 할 신호의 합과 간섭신호의 합에 대한 차가 크면 시스템 전체의 SINR 값이 증대되어 전송 효율이 증대되는 효과를 가진다. 구속조건 1은 각 MS별로 최소 데이터량을 보장 받기 위해 요구되는 최소 SINR 값을 나타낸다(즉, 개별 사용자의 QoS이다). 구속 조건 2는 BS와 각 RS에서 할당할 수 있는 전력의 최대 값과 최소 값을 가리킨다. 이와 같은 흐름의 결합적 제어 방식은 도 4와 같이 수행된다.

<54> 상기와 같은 본 발명의 선형 계획에 의해 도출된 값들은 각 MS들에 대해 할당된 전력 값을 나타낸다. 도 2의 스케줄링 장치에 의해 선택된 패킷에 대해 최적화 방식에 의해 도출된 전력을 할당하고 BS와 각 RS에서 부채널 할당과정을 거쳐 개별 MS로 전송이 이루어진다.

<55> 도 4를 참조하여 이러한 동작을 보다 상세히 설명하면, 먼저 402단계에서는 채널 정보 수집과 상기 수학식 1과 같은 H행렬을 구성한다. 이후 404단계에서는 스케줄링 장치에 의해 M개의 사용자를 선정한다. 이후 406단계에서는 상기 수학식 11 내지 14에 도시된 바와 같은 전력 할당을 위한 최적화를 수행한다. 이후 406단계에서는 최적해가 존재하는지를 판단하여, 최적해가 존재할 경우에는 410단계로 진행하여 부채널 및 최적 전력 할당을 수행하며, 최적해가 존재하지 않을 경우에는 412단계로 진행하여 부채널 및 동일 전력을 할당하게 된다. 이후 414단계에서는 채널 코딩 및 성상도 매핑 동작을 수행한다. 이후 416단계에서는 할당할 부채널이 존재하는지 확인하여 존재할 경우에는 상기 404단계로 진행하여 상기의 과정을 반복 진행하며, 존재하지 않을 경우에는 전력 제어 동작을 종료하게 된다.

<56> 이하 상기한 바와 같은 본 발명의 성능 상의 특징을 확인하기 위하여, 하기와 같은 조건에서 본 발명을 실험하였다.

<57> [A] 특정 시간에서의 실험(특정 스케줄링 시간 t_n 에서의 실험)

<58> 본 발명의 실험에서 채널 행렬 H는 하기와 같다.

<59> $H = \begin{bmatrix} h_{1,1} & h_{1,2} & h_{1,3} \\ h_{2,1} & h_{2,2} & h_{2,3} \\ h_{3,1} & h_{3,2} & h_{3,3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 0.9 & 0.6 \\ 0.8 & 3 & 0.5 \\ 0.5 & 0.4 & 0.7 \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} x_{1,1} & 0 & 0 \\ 0 & x_{2,2} & 0 \\ 0 & 0 & x_{3,3} \end{bmatrix}, W = \begin{bmatrix} 0.001 \\ 0.001 \\ 0.001 \end{bmatrix}$

<60> 또한 목적 함수는 하기와 같다.

$$\text{maximize } \sum Y_{\text{diagonal entry}} - \sum Y_{\text{off-diagonal entry}}$$

$$\Leftrightarrow \text{maximize } 2x_{1,1} + 3x_{2,2} + 0.7x_{3,3} - (1.3x_{1,1} + 1.3x_{2,2} + 1.3x_{3,3})$$

<61>

<62> 구속 조건(constraints)은 하기와 같다.

<63> - QoS 보장 : minimum SINR = 1.2dB

<64> - 전력 범위 : $P_{\min} = 3\text{dBm}$, $P_{\max} = 100\text{dBm}$

<65> 이러한, 조건에서 수행한 본 발명의 실험 결과는 하기 표 2와 같다.

표 2

	할당된 전력		수신된 데이터 량	
	동일 전력 할당	최적 전력할당	동일 전력 할당	최적 전력할당
$x_{1,1}$	100	49.36	105.57	103.77
$x_{2,2}$	100	33.10	128.05	103.25
$x_{3,3}$	100	80.36	89.58	109.43

<66>

<67> 상기 표 2에서와 같이, 본 발명에 따른 결합적 전력 제어 방식을 적용할 경우에, 일반적인 방식(동일 전력 할당)에 비해 공평성 증대, 낮은 전력 소모를 가짐을 알 수 있다.

<68> [B] 스케줄링 시간 $T = 10^4 \cdot t_m$ 실험

<69> 실험 환경은 하기 표 3과 같다.

표 3

셀 구조	Hexagonal
셀 반경	1km
BS/RS 개수	1/6
Path-loss	Lee model
트래픽	Full queue
전력 범위	30dBm~40dBm
QoS	Minimum SINR=0dB
주파수 재사용	1
인접 셀 간섭	No shadowing, 균일 분포(uniform distribution)

<70>

<71> 실험 결과는 하기와 같다.

<72> - 수신 SINR : 도 5는 개별 단말기에 수신된 SINR 값의 누적 분포를 도출한 결과를 나타낸다. 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 결합적 전력 제어 방식을 적용할 때 SINR 값이 0dB 이하일 확률 즉, 사용자의 QoS를 만족하지 못할 확률이 동일 전력을 할당 할 때 보다 크게 감소되고 있음을 보여주고 있다.

<73> - 작동 중지(Outage) 확률과 셀 수율(cell throughput) : 사용자의 QoS 조건은 수신된 SINR 값이 0dB 이상의 값을 가지는 조건이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명의 결합적 전력제어가 이루어질 때 사용자의 QoS를 만족하지 못할 확률 즉, 작동 불능 확률을 동일 전력을 했을 때보다 크게 되었음을 알 수 있다. 한편 셀 수율(cell throughput)은 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명의 결합적 전력제어 방식을 적용할 때 미세한 감소가 있으나 동일 전력 할당 시의 수율 대비 큰 차이가 없음을 보이고 있다.

<74> - 할당된 전력 : 도 7의 실험 결과는 할당된 전력의 누적 분포를 도출한 상태를 나타낸다. 본 발명에 따른 방식은 전체 단말기의 약 20% 정도는 최대 전력을 할당하지 않고 있다. 따라서 소모 전력 측면에서도 동일 전력 즉, 최대 전력을 모든 단말기에 할당하는 방식을 적용할 때보다 이득이 발생함을 알 수 있다.

<75> 상기와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 유선 중계국을 활용한 셀룰러 시스템에서의 전력 제어 방식이 이루어

질 수 있으며, 한편 상기한 본 발명의 설명에서는 구체적인 실시예에 관해 설명하였으나 여러 가지 변형이 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 실시될 수 있다. 따라서 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 의하여 정할 것이 아니고 청구범위와 청구범위의 균등한 것에 의하여 정하여져야 할 것이다.

발명의 효과

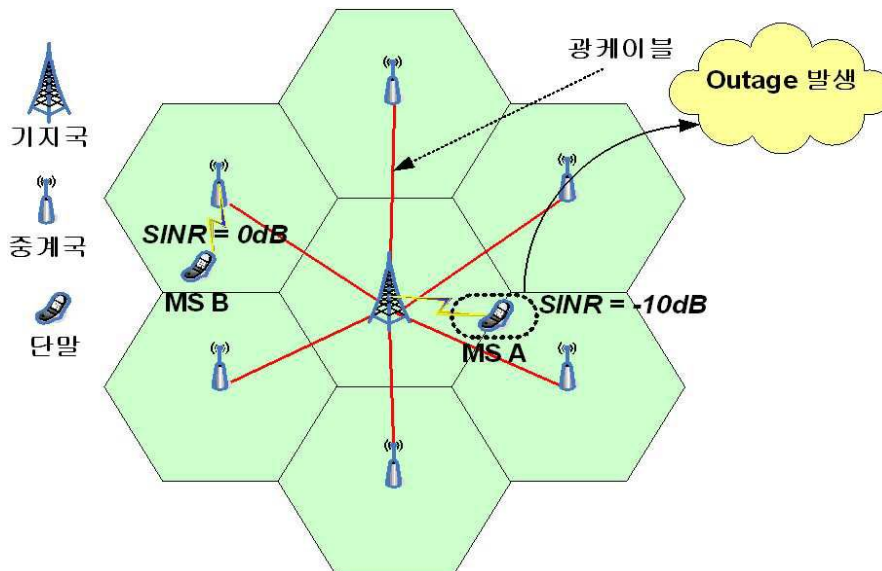
<76> 셀 내에 유선 중계국을 활용한 셀룰러 시스템은 기존의 스케줄링/자원 관리 방식을 적용시에도 다른 셀룰러 시스템에 비해 높은 전송 효율을 얻을 수 있다. 즉, 셀 내에 기지국이 여러 개 존재하는 효과를 얻을 수 있다. 하지만 유선 중계국의 서비스 영역의 경계에서는 간섭 신호로 인해 작동 불능이 발생하고 공평성이 저하되는 문제가 발생한다. 본 발명에서는 이러한 단점을 줄이기 위해 기지국과 중계국들 사이에 상호 협조적인 전력제어 방식을 적용함으로써 작동 불능 확률의 저하와 공평성을 향상시키는 효과를 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

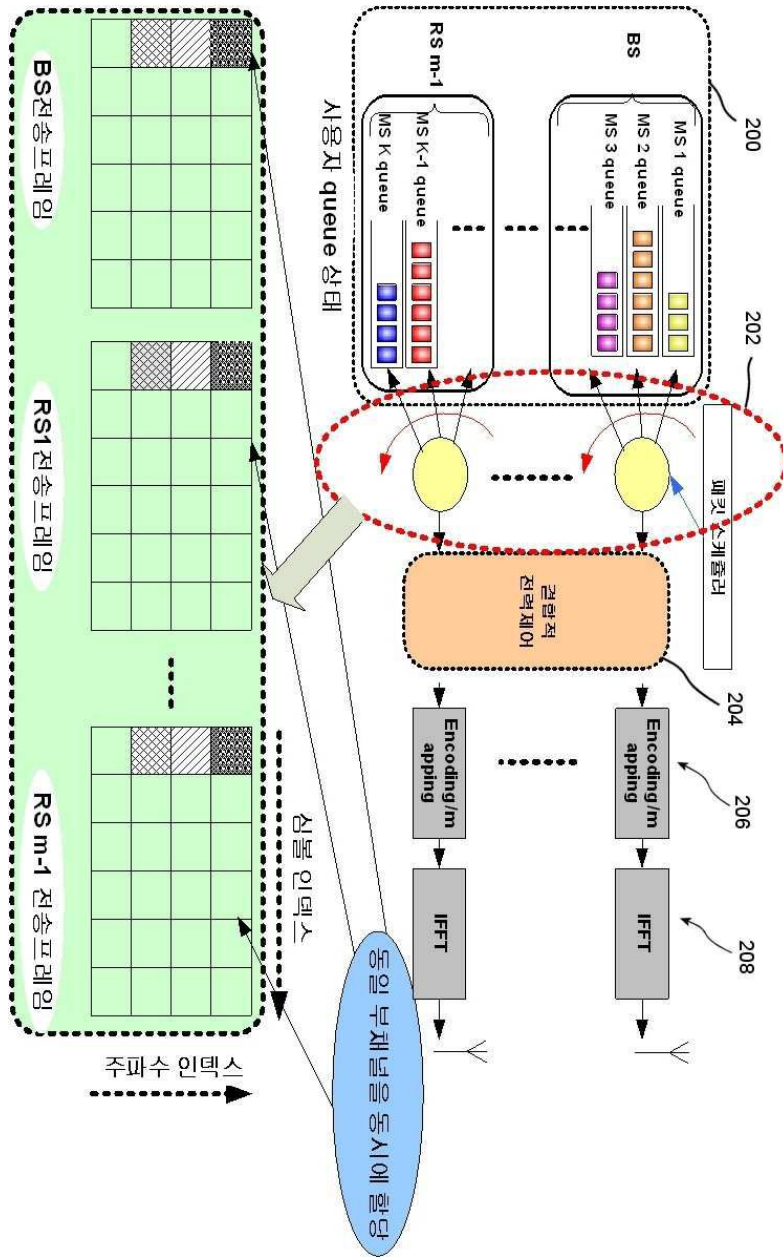
- <1> 도 1은 본 발명이 적용되는 유선 중계국을 활용한 셀룰러 시스템의 개략적인 블록 구성도
- <2> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 유선 중계국을 활용한 셀룰러 시스템에서의 전력 제어 시스템의 개념적인 구성도
- <3> 도 3은 유선 중계국으로부터 이동단말기로 전송된 신호의 수신 신호 행렬
- <4> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 제어 동작의 흐름도
- <5> 도 5는 개별 단말기에 수신된 SINR 값의 누적 분포 결과의 비교 그래프
- <6> 도 6은 전력 할당 방식에 따른 작동 불능 확률의 비교 그래프
- <7> 도 7은 전력 할당 방식에 따른 전송 효율의 비교 그래프
- <8> 도 8은 전력 할당 방식에 따른 할당된 전력의 누적 분포의 비교 그래프

도면

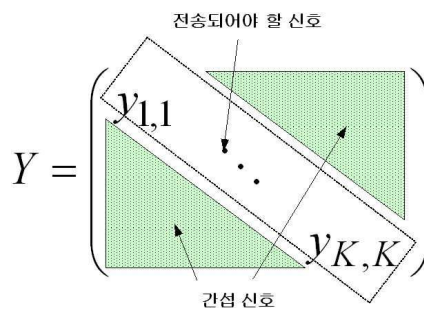
도면1



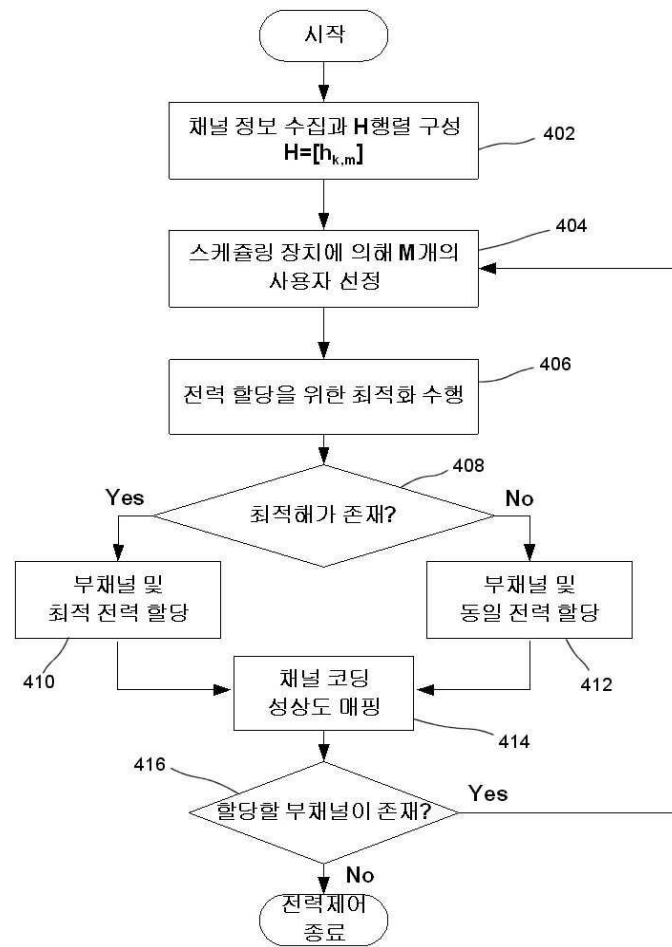
도면2



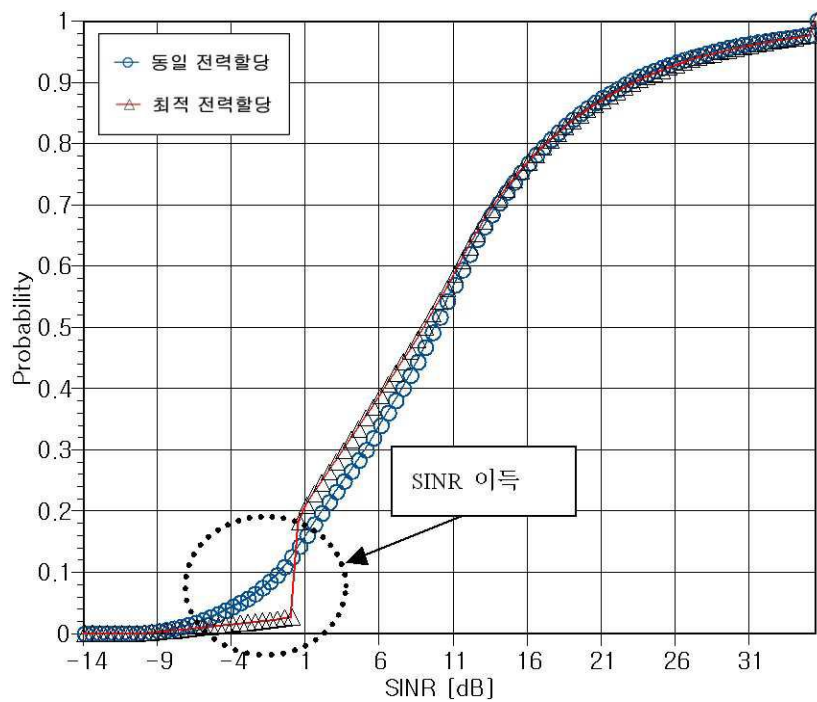
도면3



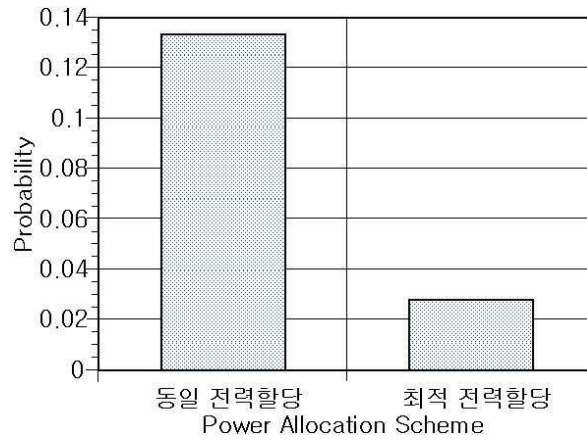
도면4



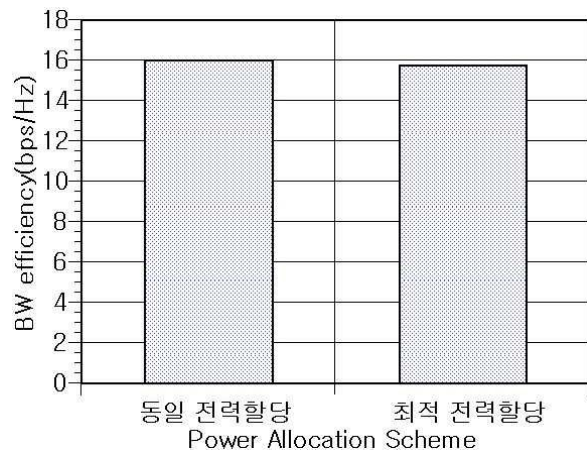
도면5



도면6



도면7



도면8

