



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0086595
(43) 공개일자 2008년09월26일

(51) Int. Cl.

H04L 12/56 (2006.01) H04B 7/26 (2006.01)
H04B 7/14 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0028456

(22) 출원일자 2007년03월23일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 매탄동 416

서강대학교산학협력단

서울 마포구 신수동 1-1 서강대학교

(72) 발명자

강현정

서울 강남구 도곡1동 동신아파트 가동 603호

주관유

서울 서초구 잠원동 신반포한신아파트 311동 402호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

권혁록, 이정순

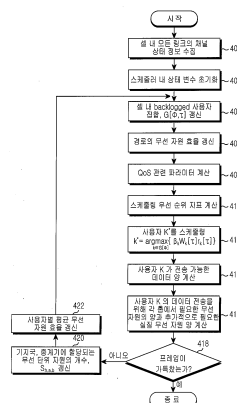
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 다중 홉 중계방식을 사용하는 광대역 무선 통신 시스템에서무선자원 재사용과 서비스품질을 고려한 기회적 패킷스케줄링 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 다중 홉 중계방식을 사용하는 광대역 무선 통신 시스템에서 무선자원 재사용과 서비스품질을 고려한 기회적 패킷 스케줄링 장치 및 방법에 관한 것으로, 다중 홉 중계방식을 사용하는 광대역 무선 통신 시스템에서 무선자원 재사용을 고려한 기회적 패킷 스케줄링 방법에 있어서, 각 사용자 단말 경로별로 사용자 단말과 중계기가 보고하는 채널정보를 수집하고 자원할당 크기($S_{k,h}$)를 초기화하는 과정과, 상기 각 사용자 단말 경로별 상기 자원할당 크기($S_{k,h}$)를 비교하여, 경로별 자원 재사용 여부를 결정하는 과정과, 상기 자원 재사용 여부를 반영한 각 사용자 단말 경로별 현재 무선자원 효율과 서비스품질(QoS) 요구조건을 만족시키는 위한 파라미터를 계산하는 과정과, 상기 현재 무선자원 효율과 상기 QoS 파라미터를 이용하여 각 사용자 단말의 스케줄링 우선순위 지표를 계산하는 과정을 포함하여, 시스템의 효율을 증대시키고 사용자에게 개선된 QoS를 제공하는 이점이 있다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

임은택

경기 수원시 권선구 권선동 삼성아파트 6동 801호

박동식

경기 용인시 기흥구 서천동 SK아파트 107-1802

홍대형

서울 마포구 신수동1가 서강대학교 전자공학과

최진우

서울 마포구 신수동 1가 서강대학교 전자공학과

전병욱

서울 마포구 신수동1가 서강대학교 전자공학과

이성혁

서울 송파구 송파1동 116-3 인현빌라403호

홍길수

부산 금정구 구서2동 158-29

특허청구의 범위

청구항 1

다중 홉 중계방식을 사용하는 광대역 무선 통신 시스템에서 무선자원 재사용을 고려한 기회적 패킷 스케줄링 방법에 있어서,

각 사용자 단말 경로별로 사용자 단말과 중계기가 보고하는 채널정보를 수집하고 자원할당 크기($S_{k,h}$)를 초기화하는 과정과,

상기 각 사용자 단말 경로별 상기 자원할당 크기($S_{k,h}$)를 비교하여, 경로별 자원 재사용 여부를 결정하는 과정과,

상기 자원 재사용 여부를 반영한 각 사용자 단말 경로별 현재 무선자원 효율과 서비스품질(QoS) 요구조건을 만족시키는 위한 파라미터를 계산하는 과정과,

상기 현재 무선자원 효율과 상기 QoS 파라미터를 이용하여 각 사용자 단말의 스케줄링 우선순위 지표를 계산하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 현재 무선자원 효율은 자원 재사용 여부를 고려한 데이터 전송률의 역 수 합들로 계산하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 현재 무선자원 효율은 하기 <수학식 18>로 계산되는 것을 특징으로 방법.

수학식 18

$$\gamma_k[\phi, \tau] = \left\{ \sum_{h=1}^{d_i(i)} \frac{m_{i,h}[\phi, \tau]}{r_{i,h}[\phi, \tau]} \right\}^{-1}, u_k \in U[\phi, \tau]$$

여기서, 상기 $\gamma_{i,z}$ 는 단말(i)의 다중 홉의 무선자원 효율, 상기 $r_{i,h}$ 는 h홉의 무선자원 효율이고, $m_{i,h}$ 값의 결정은 하기 <수학식 19>로 결정됨.

수학식 19

$$m_{k,h} = \begin{cases} 1, & S_{k,h}^{\max}[\phi, \tau] = S_{k,h}[\phi, \tau] \\ 0, & S_{k,h}^{\max}[\phi, \tau] > S_{k,h}[\phi, \tau] \end{cases}$$

여기서, 상기 $S_{k,h}^{\max}$ 는 사용자 단말 k의 h번째 홉의 $S_{k,h}$ 의 최대값, 상기 $S_{k,h}$ 는 사용자 단말 k의 h번째 홉의 자원 할당 크기임.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 스케줄링 우선순위 지표는 하기 <수학식 20>에 의해 계산되는 것을 특징으로 하는 방법.

수학식 20

$$k = \beta_k W_k[\tau] \gamma_k[\tau]$$

여기서, β_k 는 사용자 단말 k 의 QoS 파라미터 값이고, 상기 γ_k 는 기지국과 사용자 단말 u_k 간 경로의 무선 자원 재사용을 고려한 무선자원 효율이고, 상기 W_k 는 사용자 단말 k 의 패킷 시간 지연임.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 QoS 파라미터는 하기 <수학식 21>에 의해 계산되는 것을 특징으로 하는 방법.

수학식 21

$$\beta_k = a_k / \bar{\gamma}_k$$

여기서, β_k 는 사용자 단말 k 의 QoS 파라미터 값이고, 상기 $\bar{\gamma}_k$ 는 사용자 단말 k 의 평균 무선자원 효율이고, 상기 a_k 는 하기 <수학식 22>으로 계산됨.

수학식 22

$$a_k = -(\log \delta_k) / T_k$$

여기서, 상기 T_k 는 사용자 단말 k 의 시간 지연 문턱치(delay threshold), 상기 δ_k 는 사용자 k 의 T_k 를 초과하는 최대 확률임.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 평균 무선자원 효율은 하기 <수학식 23>에 의해 갱신되는 것을 특징으로 하는 방법.

수학식 23

$$\begin{aligned} \bar{\gamma}_i(t) &= (1 - \frac{1}{t_c}) \bar{\gamma}_i(t-1) + \frac{1}{t_c} \gamma_i(t-1), \quad i=k \\ &= (1 - \frac{1}{t_c}) \bar{\gamma}_i(t-1), \quad otherwise \end{aligned}$$

여기서, 상기 t_c 는 가중치 상수로써, 상기 평균값을 구하기 위한 슬라이딩 윈도우 사이즈와 관련이 있으며, 시스템에 따라 적절한 값으로 선택할 수 있음.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 스케줄링 우선순위 지표가 가장 큰 사용자 단말을 선택하고, 상기 선택된 사용자 단말을 스케줄링하는 과

정과,

상기 선택된 사용자 단말의 전송 가능한 데이터 양을 계산하는 과정과,

상기 전송 가능한 데이터 양을 이용하여 다중 경로에 필요한 무선자원 양과 실제 추가로 필요한 무선자원 양을 계산하는 과정과,

상기 사용자 단말의 경로별 필요한 무선자원 양과 현 자원할당 영역의 크기를 더하여 다음 자원할당 영역 크기를 갱신하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 필요한 무선자원 양은 하기 <수학식 24>에 의해 갱신되는 것을 특징으로 하는 방법.

수학식 24

$$p_{k,h} = \text{ceil} \left[\frac{\max \{r_{k,h}\}}{r_{k,h}} \right], h=1,2,\dots,d_k$$

여기서, $p_{k,h}$ 는 사용자 단말 k의 h홉에서 필요한 무선자원 양이고, $\text{CEIL}(n)$ 는 주어진 값(n)보다는 크지만 가장 근접하는 최소값을 구하는 함수이고, $r_{k,h}$ 는 사용자 단말 k의 h홉에서 전송 가능한 데이터 양임.

청구항 9

제 7항에 있어서,

상기 실제 추가로 필요한 무선자원 양은 <수학식 25>에 의해 갱신되는 것을 특징으로 하는 방법.

수학식 25

$$p'_{k^*,h} = \max \{0, p_{k^*,h} - (S_{k^*,h}^{\max} - S_{k,h})\}$$

여기서, 상기 $S_{h,a}^{\max}$ 는 사용자 k의 h번째 홉의 최대 자원할당 영역크기, 상기 $S_{k,h}$ 는 h번째 홉의 사용자 단말 k의 자원 할당 영역의 크기임.

청구항 10

제 7항에 있어서,

상기 각 단말별 자원할당 크기는 하기 <수학식 26>로 갱신하는 것을 특징으로 하는 방법.

수학식 26

$$S_{k^*,h}[\phi, \tau+1] = \begin{cases} S_{k^*,h}[\phi, \tau] + p_{k^*,h}[\phi, \tau] \\ S_{k^*,h}[\phi, \tau] \end{cases}, h=1,\dots,d_{k^*}[\phi]$$

여기서, 상기 $S_{k^*,h}[\phi, \tau]$ 는 선택된 사용자 단말 k의 h 홉을 위한 이전 자원할당 크기, 상기 $p_{k^*,h}[\phi, \tau]$ 는 선택된 사용자 단말 k의 h 홉을 위한 필요한 무선자원 양임.

청구항 11

다중 홉 중계방식을 사용하는 광대역 무선 통신 시스템에서 무선자원 재사용을 고려한 기회적 패킷 스케줄링 장치에 있어서,

각 사용자 단말 경로별로 사용자 단말과 중계기가 보고하는 채널정보를 수집하고 자원할당 크기($S_{k,h}$)를 초기화하고, 상기 각 사용자 단말 경로별 상기 자원할당 크기($S_{k,h}$)를 비교하여, 경로별 자원 재사용 여부를 결정하는 현재 무선자원 효율 계산부와,

상기 자원 재사용 여부를 반영한 각 사용자 단말 경로별 현재 무선자원 효율과 서비스품질(QoS) 요구조건을 만족시키는 위한 파라미터를 계산하는 QoS 파라미터 계산부와,

상기 현재 무선자원 효율과 상기 QoS 파라미터를 이용하여 각 사용자 단말의 스케줄링 우선순위 지표를 계산하는 스케줄링 우선순위 계산부를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 현재 무선자원 효율은 자원 재사용 여부를 고려한 데이터 전송률의 역 수 합들로 계산하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 현재 무선자원 효율은 하기 <수학식 27>로 계산되는 것을 특징으로 방법.

수학식 27

$$\gamma_k[\phi, \tau] = \left\{ \sum_{h=1}^{d_i(i)} \frac{m_{i,h}[\phi, \tau]}{r_{i,h}[\phi, \tau]} \right\}^{-1}, u_k \in U[\phi, \tau]$$

여기서, 상기 $\gamma_{i,z}$ 는 단말(i)의 다중 홉의 무선자원 효율, 상기 $r_{i,h}$ 는 h홉의 무선자원 효율이고, $m_{i,h}$ 값의 결정은 하기 <수학식 28>로 결정됨.

수학식 28

$$m_{k,h} = \begin{cases} 1, & S_{k,h}^{\max}[\phi, \tau] = S_{k,h}[\phi, \tau] \\ 0, & S_{k,h}^{\max}[\phi, \tau] > S_{k,h}[\phi, \tau] \end{cases}$$

여기서, 상기 $S_{k,h}^{\max}$ 는 사용자 단말 k의 h번째 홉의 $S_{k,h}$ 의 최대값, 상기 $S_{k,h}$ 는 사용자 단말 k의 h번째 홉의 자원 할당 크기임.

청구항 14

제 11항에 있어서,

상기 스케줄링 우선순위 지표는 하기 <수학식 29>에 의해 계산되는 것을 특징으로 하는 장치.

수학식 29

$$k = \beta_k W_k[\tau] \gamma_k[\tau]$$

여기서, β_k 는 사용자 단말 k의 QoS 파라미터 값이고, 상기 γ_k 는 기지국과 사용자 단말 u_k 간 경로의 무선 자원

재사용을 고려한 무선자원 효율이고, 상기 W_k 는 사용자 단말 k 의 패킷 시간 지연임.

청구항 15

제 11항에 있어서,

상기 QoS 파라미터는 하기 <수학식 30>에 의해 계산되는 것을 특징으로 하는 장치.

수학식 30

$$\beta_k = a_k / \overline{\gamma_k}$$

여기서, β_k 는 사용자 단말 k 의 QoS 파라미터 값이고, 상기 $\overline{r_k}$ 는 사용자 단말 k 의 평균 무선자원 효율이고, 상기 a_k 는 하기 <수학식 31>으로 계산됨.

수학식 31

$$a_k = -(\log \delta_k) / T_k$$

여기서, 상기 T_k 는 사용자 단말 k 의 시간 지연 문턱치(delay threshold), 상기 δ_k 는 사용자 k 의 T_k 를 초과하는 최대 확률임.

청구항 16

제 15항에 있어서,

상기 평균 무선자원 효율은 하기 <수학식 32>에 의해 갱신되는 것을 특징으로 하는 장치.

수학식 32

$$\begin{aligned} \overline{\gamma_i}(t) &= (1 - \frac{1}{t_c}) \overline{\gamma_i}(t-1) + \frac{1}{t_c} \gamma_i(t-1), \quad i=k \\ &= (1 - \frac{1}{t_c}) \overline{\gamma_i}(t-1), \quad otherwise \end{aligned}$$

여기서, 상기 t_c 는 가중치 상수로써, 상기 평균값을 구하기 위한 슬라이딩 윈도우 사이즈와 관련이 있으며, 시스템에 따라 적절한 값으로 선택할 수 있음.

청구항 17

제 11항에 있어서,

상기 스케줄링 우선순위 지표가 가장 큰 사용자 단말을 선택하고, 상기 선택된 사용자 단말을 스케줄링하는 최대 우선순위 지표 사용자 선택부와,

상기 선택된 사용자 단말의 전송 가능한 데이터 양을 계산하고, 상기 전송 가능한 데이터 양을 이용하여 다중 경로에 필요한 무선자원 양과 실제 추가로 필요한 무선자원 양을 계산하고 상기 사용자 단말의 경로별 필요한 무선자원 양과 현 자원할당 영역의 크기를 더하여 다음 자원할당 영역 크기를 갱신하는 무선자원양 계산부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 18

제 17항에 있어서,

상기 필요한 무선자원 양은 하기 <수학식 33>에 의해 갱신되는 것을 특징으로 하는 장치.

수학식 33

$$p_{k,h} = \text{ceil} \left[\frac{\max \{r_{k,h}\}}{r_{k,h}} \right], h=1,2,\dots,d_k$$

여기서, $p_{k,h}$ 는 사용자 단말 k의 h홉에서 필요한 무선자원 양이고, $\text{CEIL}(n)$ 는 주어진 값(n)보다는 크지만 가장 근접하는 최소값을 구하는 함수이고, $r_{k,h}$ 는 사용자 단말 k의 h홉에서 전송 가능한 데이터 양임.

청구항 19

제 17항에 있어서,

상기 실제 추가로 필요한 무선자원 양은 <수학식 34>에 의해 갱신되는 것을 특징으로 하는 장치.

수학식 34

$$p'_{k^*,h} = \max \{0, p_{k^*,h} - (S_{k^*,h}^{\max} - S_{k,h})\}$$

여기서, 상기 $S_{k,h}^{\max}$ 는 사용자 k의 h번째 홉의 최대 자원할당 영역크기, 상기 $S_{k,h}$ 는 h번째 홉의 사용자 단말 k의 자원 할당 영역의 크기임.

청구항 20

제 17항에 있어서,

상기 각 단말별 자원할당 크기는 하기 <수학식 26>로 갱신하는 것을 특징으로 하는 장치.

수학식 35

$$S_{k^*,h}[\phi, \tau+1] = \begin{cases} S_{k^*,h}[\phi, \tau] + p_{k^*,h}[\phi, \tau] \\ S_{k^*,h}[\phi, \tau] \end{cases}, h=1,\dots,d_{k^*}[\phi]$$

여기서, 상기 $S_{k^*,h}[\phi, \tau]$ 는 선택된 사용자 단말 k의 h 홉을 위한 이전 자원할당 크기, 상기 $p_{k^*,h}[\phi, \tau]$ 는 선택된 사용자 단말 k의 h 홉을 위한 필요한 무선자원 양임.

명 세 서**발명의 상세한 설명****발명의 목적****발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

<9> 본 발명은 다중 홉 중계 방식을 사용하는 광대역 무선 통신 시스템에 관한 것으로, 특히, 공간적 무선자원 재사용과 QoS(Quality of Service)를 보장하는 중앙집중식 기회적 패킷 스케줄링 장치 및 방법에 관한 것이다.

<10> 패킷 스케줄링(packet scheduling)은 우선순위지표(priority metric)에 따라 패킷의 서비스 순서를 결정하는 것

으로, 기존 무선 패킷 전송 시스템에서는 기지국과 사용자 단말 간 채널상태를 반영하는 기회적(opportunistic) 스케줄링 기법이 제안되었다. 상기 기회적 스케줄링 기법은 일반적으로 사용자의 데이터 패킷이 시분할 방식으로 전송되는 시분할 다중화(Time Division Multiplexing:TDM) 또는 시분할 다중 접속(Time Division Multiple Access : TDMA) 시스템에서 매시간 슬롯마다 기지국과 사용자 단말 간 채널 상태를 반영하여 데이터의 전송 기회를 부여할 사용자를 결정한다.

<11> 기회적(opportunistic) 스케줄링 기법의 대표적인 예로 PF(Proportional Fair) 스케줄링과 M-LWDF(Modified Largest Weighted Delay First) 스케줄링 기법 등이 있으며, 이러한 스케줄러들은 시간에 따라 변화하는 채널 환경이 보다 우수한 사용자에게 우선적으로 전송할 기회를 제공하여 시스템의 전송 효율을 증대시킨다. 여기서, 상기 기회적 스케줄링 기법의 하나인 QoS 보장하는 M-LWDF(Modified Largest Weighted Delay First) 스케줄링 기법을 살펴보면, PF 스케줄링은 기본적으로 사용자에게 대한 QoS를 고려하지 않는데 반하여, M-LWDF 스케줄링 기법은 사용자에게 대한 QoS를 보장하는 특징이 있다. 상기 M-LWDF 스케줄링의 우선 순위 지표 (scheduling metric)는 하기 <수학식 1>로 정의된다.

수학식 1

$$k^* = \arg \max \{ \beta_k[\tau] W_k[\tau] r_k[\tau] \}$$

<12>

<13> 여기서, τ 는 시간슬롯 인덱스이고 상기 $W_k[\tau]$ 는 사용자 단말의 큐에 있는 HOL(head-of-line) 패킷이 겪은 시간 지연, 상기 $r_k[\tau]$ 는 사용자 단말 k의 최대 가능한 데이터 전송률, 상기 $\beta_k[\tau]$ 는 QoS 파라미터로써 하기 <수학식 2>로 계산한다.

수학식 2

$$\beta_k[\tau] = \frac{a_k}{r_k[\tau]}$$

<14>

<15> 여기서, 상기 a_k 는 사용자 k에 의해 요구되는 QoS를 고려하기 위한 파라미터, 상기 $\overline{r_k}[\tau]$ 는 사용자 단말 k의 평균 데이터 전송률이다. 따라서, 상기 M-LWDF스케줄링 기법에서 스케줄링 우선 순위 지표를 결정할 시, a_k 와 $W_k[\tau]$ 를 반영함으로써 패킷에 대한 QoS를 보장하며 또한 시스템 효율의 증대와 비례적 공평성을 함께 보장할 수 있다. 예를 들면, 상기 스케줄링의 우선 순위 지표에서 k번째 사용자의 QoS를 반영하기 위한 파라미터 a_k 의 값이 커질수록 이 사용자의 스케줄링의 우선 순위 지표가 증가하여 우선적으로 스케줄링 되며, 상기 a_k 의 값은 QoS의 지표로 삼는 파라미터의 값에 따라 다르게 모델링될 수 있다.

<16> 근래에 무선 패킷 전송 시스템에서 단일 홉 전송시스템에 대비 커버리지의 확장과 시스템 효율 증대를 위해 중계기(relay)를 통한 다중 홉 전송이 모색되고 있다. 그러나 기존의 셀룰러 환경에서의 QoS를 보장하는 기회적 패킷 스케줄링 기법(M-LWDF)은 단일 홉 셀룰러 패킷 전송 시스템을 위한 기법이다. 다중 홉 시스템에서는 각 패킷이 경유하는 홉의 수와 홉 별 채널 상태, 자원 재사용 방법 등이 달라질 수 있다. 이러한 기회적 스케줄링 기법을 다중 홉 중계기 망에 다중 홉 특성을 반영하지 않고 적용하는 경우 시스템의 효율과 사용자별 무선 자원의 공평한 분배 측면에서 성능의 저하가 발생할 수 있다. 또한, 이러한 다중홉 시스템에서는 용량의 증대를 위하여 공간적으로 떨어진 중계기 간의 자원 재사용을 적용할 수 있으므로, 이러한 자원의 재사용의 영향 또한 스케줄링 기법에 반영될 수 있을 것이다. 하지만, 현재 다중 홉 망에서 셀 내 공간적 주파수 재사용에 대한 무선자원 효율에 대한 연구가 전무하다

<17> 따라서, 상기 기존 셀룰러 시스템에서의 기회적 스케줄링 기법을 상기 무선 다중 홉 중계기 망에 적용하기 위해서는 기지국과 사용자 단말 간 데이터 전송을 위한 경로 상에 있는 모든 링크의 채널 상태와 해당 데이터가 전송되기 위해 필요한 무선 자원의 양을 통합적으로 정량화하는 지표와 함께 무선자원 재사용 계수와 QoS 보장을

고려한 스케줄링 우선 순위 지표를 스케줄링에 반영할 필요가 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <18> 따라서, 본 발명의 목적은 다중 홉 중계방식을 사용하는 광대역 무선 통신 시스템에서 기회적 패킷 스케줄링 장치 및 방법을 제공함에 있다.
- <19> 본 발명의 다른 목적은 다중 홉 중계방식을 사용하는 광대역 무선 통신 시스템에서 QoS를 보장하는 기회적 (opportunistic) 스케줄링 기법을 확장 적용하기 위한 장치 및 방법을 제공함에 있다.
- <20> 본 발명의 또 다른 목적은 다중 홉 중계방식을 사용하는 광대역 무선 통신 시스템에서 다중 홉 상의 모든 링크들의 채널 상태를 반영하여 기회적 스케줄링 기법을 적용함으로써 시스템의 효율성을 증대시키고 무선 자원 분배의 공정성과 함께 동시에 QoS 성능을 증대시키는 수 있는 장치 및 방법을 제공함에 있다.
- <21> 본 발명의 또 다른 목적은 다중 홉 중계방식을 사용하는 광대역 무선 통신 시스템에서 공간적 무선자원 재사용률을 높여 무선자원 낭비를 방지하는 장치 및 방법을 제공함에 있다.
- <22> 상기한 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 제 1 견지에 따르면, 다중 홉 중계방식을 사용하는 광대역 무선 통신 시스템에서 무선자원 재사용을 고려한 기회적 패킷 스케줄링 방법에 있어서, 각 사용자 단말 경로별로 사용자 단말과 중계기가 보고하는 채널정보를 수집하고 자원할당 크기($S_{k,h}$)를 초기화하는 과정과, 상기 각 사용자 단말 경로별 상기 자원할당 크기($S_{k,h}$)를 비교하여, 경로별 자원 재사용 여부를 결정하는 과정과, 상기 자원 재사용 여부를 반영한 각 사용자 단말 경로별 현재 무선자원 효율과 서비스품질(QoS) 요구조건을 만족시키는 위한 파라미터를 계산하는 과정과, 상기 현재 무선자원 효율과 상기 QoS 파라미터를 이용하여 각 사용자 단말의 스케줄링 우선순위 지표를 계산하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <23> 상기한 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 제 2 견지에 따르면, 다중 홉 중계방식을 사용하는 광대역 무선 통신 시스템에서 무선자원 재사용을 고려한 기회적 패킷 스케줄링 장치에 있어서, 각 사용자 단말 경로별로 사용자 단말과 중계기가 보고하는 채널정보를 수집하고 자원할당 크기($S_{k,h}$)를 초기화하고, 상기 각 사용자 단말 경로별 상기 자원할당 크기($S_{k,h}$)를 비교하여, 경로별 자원 재사용 여부를 결정하는 현재 무선자원 효율 계산부와, 상기 자원 재사용 여부를 반영한 각 사용자 단말 경로별 현재 무선자원 효율과 서비스품질(QoS) 요구조건을 만족시키는 위한 파라미터를 계산하는 QoS 파라미터 계산부와, 상기 현재 무선자원 효율과 상기 QoS 파라미터를 이용하여 각 사용자 단말의 스케줄링 우선순위 지표를 계산하는 스케줄링 우선순위 계산부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 구성 및 작용

- <24> 이하 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조와 함께 상세히 설명한다. 그리고, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단된 경우 그 상세한 설명은 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- <25> 이하, 본 발명은 다중 홉 중계 방식을 사용하는 광대역 무선 통신 시스템에서 공간적 무선자원 재사용과 더불어 QoS(Quality of Service)를 보장하는 중앙집중식 기회적 패킷 스케줄링 장치 및 방법에 대해 설명하기로 한다.
- <26> 도 1은 본 발명에 따른 다중 홉 중계 방식을 사용하는 광대역 무선 통신 시스템에서 셀 내 공간적 주파수 재사용 및 프레임 구조 예를 도시하고 있다.
- <27> 상기 도 1을 참조하면, 상기 다중 홉 중계기 망 시스템에서 셀 내의 사용자 단말(도시하지 않음)과 중계기(RS1~RS6)는, 지속적으로 자신의 채널 상태를 추정하고, 상기 추정된 채널 상태를 기지국에 보고한다. 이때, 상기 기지국은 셀 내에 있는 링크들의 채널 상태를 기반으로 중앙 집중 방식의 패킷 스케줄링을 한다. 본 발명에서 제안하는 스케줄링 기법은 다중 홉 중계기의 광대역 무선통신 시스템에서 셀 내 공간적 주파수 재사용과 QoS를 보장하는 스케줄링 우선 순위 지표에 의해 수행된다. 여기서, 상기 기지국과 사용자 단말 간의 경로 설정과 자원 재사용 그룹은 상기 채널 상태를 반영하여 별도의 과정을 통해 이루어진다고 가정한다.

- <28> 공간적 자원 재사용(주파수 재사용) 활용의 예를 보면, 상기 도 1의 (a)는 주파수 재사용 계수(k)가 2인 경우로, 6개의 중계기(R1 ~ R6)는 서로 공간적으로 배타적 영역에 존재하여 동시에 같은 부채널 사용이 가능함으로써, 두 번째 홉을 위한 자원 할당시 같은 자원(예: 부채널)을 동시에 사용할 수 있다. 상기 도 1의 (b)는 주파수 재사용 계수(k)가 3인 경우로, R1, R3, R5 중계기는 서로 공간적으로 서로 배타적 영역에 존재하여 있고, R2, R4, R6 중계기도 공간적으로 서로 공간적으로 배타적 영역에 존재하지만 상기 R1, R3, R5 중계기들과 상기 R2, R4, R6 중계기는 서로 간섭을 미칠 수 있다. 따라서, 두 번째 홉을 위한 자원할당시 상기 R1, R3, R5 중계기들과 상기 R2, R4, R6 중계기간 서로 다른 부채널이 할당되어야 한다. 상기 도 1의 (c)는 주파수 재사용 계수(k)가 4인 경우로, R1, R4 중계기는 서로 공간적으로 서로 배타적 영역에 존재하고, R2, R5 중계기도 공간적으로 서로 공간적으로 배타적 영역에 존재하고 마지막으로 R3, R6 중계기도 공간적으로 서로 공간적으로 배타적 영역에 존재한다. 이때, 상기 R1, R4 중계기와 상기 R2, R5 중계기, R3, R6 중계기는 서로 간섭을 미칠 수 있으므로, 두 번째 홉을 위한 자원할당은 상기 R1, R4 중계기와 상기 R2, R5 중계기, R3, R6 중계기들간 서로 다른 부채널이 할당되어야 한다. 상기 도 1의 (d)는 주파수 재사용 계수(k)가 7인 경우로, 6개의 중계기는 서로 공간적으로 서로 간섭을 미칠 수 있기 때문에(6개 중계기가 배타적 영역에 존재하여 있지 않은 경우), 두 번째 홉을 위한 자원할당시 서로 다른 부채널들이 각각 할당되어야 한다.
- <29> 정리하면, 자원 재사용 그룹에 속하는 중계기(예 상기 도 1의 (a)의 경우, R1, R2, R3, R4, R5, R6 중계기는 같은 자원 재사용 그룹, 상기 도 1의 (b)의 경우, 자원 재사용 계수(k)에 따라 R1, R3, R5 중계기는 자원 재사용 그룹 1, R2, R4, R6 중계기는 자원 재사용 그룹 2로 나누어진다.)들은 동일 자원(부채널)을 재사용하게 되고, 그렇지 않은 경우에는 프레임 내에서 서로 배타적인 영역에 있는 무선 자원을 사용한다. 따라서, (d)같은 경우는 주파수 재사용이 없는 경우이고, 자원 재사용 효율이 가장 낮다. 반면 (a) 같은 경우 주파수 재사용이 가장 높은 경우이고, 자원 재사용 효율이 가장 높다.
- <30> 도 2는 본 발명에 따른 다중 홉 중계 방식을 사용하는 광대역 무선 통신 시스템에서 다이버시티 부채널 모드에서 프레임별 스케줄링 예를 도시하고 있다.
- <31> 상기 도 2를 참조하면, 스케줄러는 기지국, 중계기, 사용자 단말로부터 보고되는 셀 내의 전역의 정보(예: CQI)를 바탕으로 공간적 자원 재사용 계수와 QoS 보장 파라미터를 고려한 스케줄링 우선 순위 지표에 따라 사용자 단말이 선택되어 다이버시티 부채널 모드(diversity sub-channel mode)에서 중앙집중적(centralized) 방식으로 패킷 스케줄링 및 무선자원할당을 한다. 스케줄링과 함께 프레임 자원의 할당 알고리즘은 하기 도 4에서 상세히 설명하기로 한다.
- <32> 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 다중 홉 중계방식의 광대역 무선 통신 시스템에서 무선자원 재사용을 고려한 기회적 패킷 스케줄링 장치도를 도시하고 있다.
- <33> 상기 도 3을 참조하면, 기회적 패킷 스케줄링 장치는 현재 무선 자원 효율 계산부(300), 평균 무선 자원 효율 계산부(302), 스케줄링 우선 순위 지표 계산부(304), QoS 파라미터 계산부(306), 무선자원량 계산부(308), 최대 우선 순위 지표 사용자 선택부(310)를 포함하여 구성된다.
- <34> 상기 도 3을 참조하면, 상기 현재 무선 자원 효율 계산부(300)는 셀 내의 사용자 단말과 중계기로부터 수신되는 채널 상태 정보, 즉 시간 t에 셀 내에 전송할 패킷을 가진 사용자 단말 집합과 각 링크의 SINR 정보를 이용하여 현재 무선 자원의 효율 값을 계산하고, 상기 계산된 현재 무선 자원 효율 값을 상기 스케줄링 우선 순위 지표 계산부(304) 및 평균 무선 자원 효율 계산부(302)로 출력한다. 다시 말해, 각 사용자 단말별로 상기 각 링크의 SINR에 대응하는 MCS 레벨을 결정한 후, 상기 MCS 레벨에 따라 부호화된 패킷 크기와 총 부채널 수를 계산하고, 상기 계산된 부호화된 패킷 크기와 총 부채널 수를 이용하여 상기 기지국과 해당 사용자 단말 경로의 무선 자원 효율 값을 계산하되, 해당 홉에서의 전송을 위해 할당될 자원이 다른 기지국 또는 중계기의 의해 이미 사용이 되어 재사용되는 경우에는 해당 홉의 무선자원 효율 값을 제외하고, 처음으로 할당되어 사용되는 경우에는 해당 홉의 무선자원 효율을 포함시킨다.
- <35> 상기 스케줄링 우선 순위 지표 계산부(304)는 상기 현재 무선 자원 효율 계산부(300)로부터 입력되는 시간 t에서의 현재 무선 자원 효율 값과 상기 QoS 파라미터 계산부(306)로부터 QoS 파라미터를 이용하여 스케줄링 우선 순위 지표를 계산하고, 상기 계산된 우선 순위 지표를 상기 최대 우선 순위 지표 사용자 선택부(310)로 출력한다.
- <36> 상기 QoS 파라미터 계산부(306)는 상기 평균 무선 자원 효율 계산부(302)로부터 입력되는 평균 무선 자원 효율 값을 이용하여 QoS 파라미터(β_k, α_k, W_k)를 계산하여 상기 스케줄링 우선 순위 계산부(306)로 출력한다. 여기서,

상기 HOL(Head-Of-Line)패킷지연, 데이터의 양을 나타내는 큐 길이로 대체가능하다. 상기 β_k 는 사용자별 QoS 요구 조건을 구체화하여 사용자들 사이에 차별화된 QoS제공이 가능하다.

- <37> 상기 평균 무선자원 효율 계산부(302)는 상기 현재 무선 자원 효율 계산부(300)로부터 입력되는 현재 무선 자원 효율 값과 상기 최대 우선 순위 지표 사용자 선택부(310)로부터 입력되는 현재 프레임에 스케줄링된 사용자 정보를 이용하여 평균 무선 자원 효율 값을 계산 및 갱신하고, 상기 계산된 평균 무선 자원 효율 값을 상기 QoS 파라미터 계산부(306) 출력한다.
- <38> 상기 최대 우선 순위 지표 사용자 선택부(310)는 상기 스케줄링 우선 순위 지표 계산부(304)로부터 입력되는 스케줄링 우선 순위 지표 중 최대 우선 순위 지표를 가지는 사용자를 선택하고, 상기 선택된 사용자에게 데이터 전송의 기회를 부여한다. 또한, 상기 선택된 사용자의 평균 무선 자원 효율을 계산하기 위한 입력 파라미터 값, 즉 해당 패킷 크기와 부채널 수를 사용자 큐(도시하지 않음)로부터 입력받아 상기 평균 무선 자원 효율 계산부(302)와 상기 무선자원량 계산부(308)로 출력한다.
- <39> 상기 무선자원량 계산부(308)는 이번 사용자별 스케줄링 시점에 스케줄링된 사용자 단말이 전송할 데이터 양을 계산하여 경로별로 필요한 무선자원 양을 계산하고, 실제 추가로 필요한 무선자원 양을 계산한 후, 자원할당 영역 크기를 갱신하여 상기 현재 무선자원 효율 계산부(300)로 출력한다.
- <40> 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 다중 홉 중계방식의 광대역 무선 통신 시스템에서 무선자원 재사용과 QoS 보장을 위한 기회적 패킷 스케줄링 흐름도를 도시하고 있다.
- <41> 상기 도 4를 참조하면, 기지국의 스케줄러는 400 단계에서 단말들과 중계기들이 지속적으로 채널을 추정하여 보고하는 링크의 채널상태 정보 및 다중 홉의 사용자 단말 정보 등을 수집한다. 여기서, 상기 스케줄러는 수집된 채널상태 정보를 이용하여 각 홉 별로 가능한 데이터 전송률($r_{k,h}$)을 계산할 수 있다. 상기 k 는 사용자 단말 인덱스이고, 상기 h 는 홉 인덱스이다.
- <42> 이후, 상기 스케줄러는 402 단계에서 스케줄러 내 상태변수($S_{h,a}^{max}$, $S_{k,h}$)를 초기화한다. 상기 $S_{h,a}^{max}$ 는 사용자 k의 h번째 홉의 최대 무선자원 할당 영역크기(region), 상기 $S_{k,h}$ 는 h번째 홉의 사용자 단말 k의 자원할당 영역의 크기이다. 여기서, 상기 무선자원은 단위 대역을 통해 단위 시간당 전송 가능한 데이터의 양으로 $\frac{1}{r_{k,h}}$ 로 구해질 수 있다.
- <43> 이후, 상기 스케줄러는 404 단계에서 슬롯별 스케줄링 시점 $[\phi, \tau]$ 마다 수집된 채널상태 정보 및 연결된 사용자 단말 정보를 이용하여 큐에 데이터가 있는 단말 집합(Backlogged 사용자 집합($G[\phi, \tau]$))을 갱신한다. 상기 τ 는 시간슬롯 인덱스이고, 상기 ϕ 는 프레임 인덱스이다.
- <44> 이후, 상기 기지국의 스케줄러는 406 단계 내지 408 단계에서 슬롯별 스케줄링 시점 $[\phi, \tau]$ 마다 무선자원 효율을 산출하여 스케줄링 우선 순위 지표를 계산한다. 여기서, 상기 무선자원 효율 $r[\tau]$ 는 단위 대역을 통해 단위 시간당 전송 가능한 데이터의 양, 즉 기지국과 사용자 단말 사이에 경로를 통해 단위 무선자원으로 전송 가능한 데이터 양으로 정의할 수 있으며, 그 단위는 [bit]/[Hz][Sec] 혹은 [bps]/[Hz]가 될 수 있다. 이때, $\frac{1}{r_k(\tau)}$ 는 한 비트의 데이터를 보내는데 필요한 무선 자원의 양이 된다. 또한, 무선 다중 홉 중계기 시스템에서 기지국과 사용자 단말 사이에 데이터 전송을 위해 홉 경로가 설정되어 있다고 하면, 기지국으로부터 사용자 단말 간에 한 비트의 데이터를 전송하기 위해 필요한 무선 자원의 양은 경로 상에 있는 각 홉에서의 무선 자원의 양의 합, 즉
$$\sum_{h=1}^{d_k(t)} \frac{1}{r_{k,h}(\tau)}$$
로 나타낼 수 있다. 여기서, 상기 $\frac{1}{r_{k,h}(\tau)}$ 는 시간 t에 사용자 단말 k의 h번째 홉에서의 무선자원 효율이다. 따라서, 시간슬롯 τ 에 기지국과 사용자 단말 k 간 경로의 무선자원 효율($r_k[\tau]$)은 하기 <수학식 3>와

같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$\gamma_i(t) = \left(\sum_{k=1}^{d_i(t)} \frac{1}{r_{i,k}(t)} \right)^{-1}$$

<45>

이로써, 상기 경로 상의 모든 홉의 채널 상태를 반영하면서, 다중 홉 경로에서 단위 무선 자원당 전송 가능 데이터량을 하나의 수치로 정량화할 수 있다.

<47>

먼저, 상기 기지국의 스케줄러는 406 단계에서 기지국과 사용자 단말 u_k 간 경로의 무선 자원 재사용을 고려한 무선자원 효율 $\gamma_k[\phi, \tau]$ 을 계산한다. 셀 내 무선 자원 재사용이 이루어지는 경우, 같은 무선자원 그룹 내의 다른 기지국 또는 중계기에 의해 이미 사용된 자원을 재사용한다면, 해당 자원에 대해서는 추가적인 자원을 필요로 하지 않는다고 볼 수 있다. 따라서, 본 발명에서는 다중 홉 전송 시스템에서 셀 내 무선 자원 재사용이 이루어지는 경우, 무선자원 재사용을 고려하여 무선자원 효율($\gamma(t)$)로 하기 <수학식 4>을 제안한다.

수학식 4

$$\gamma_k[\phi, \tau] = \left\{ \sum_{k=1}^{d_k[\phi]} \frac{m_{k,h}[\phi, \tau]}{r_{k,h}[\phi]} \right\}, \quad u_k \in U[\phi, \tau]$$

<48>

여기서, 상기 τ 는 시간 슬롯 인덱스이고, 상기 ϕ 는 프레임 인덱스이고, 상기 $r_{k,h}[\cdot]$ 는 사용자 단말 k의 데이터 전송률, 상기 $d_k[\phi]$ 는 사용자 단말 k의 홉 수이고, 상기 $m_{k,h}[\phi, \tau]$ 는 자원 재사용 여부를 나타내는 지표이다. 상기 $m_{k,h}[\phi, \tau]$ 는 하기 <수학식 5>로 표현된다.

수학식 5

$$m_{k,h}[\phi, \tau] = \begin{cases} 1, & \text{if } S_{k,h}^{\max}[\phi, \tau] = S_{k,h}[\phi, \tau] \\ 0, & \text{if } S_{k,h}^{\max}[\phi, \tau] > S_{k,h}[\phi, \tau] \end{cases}, \quad u_k \in U[\phi, \tau]$$

<50>

여기서, 상기 $S_{h,a}^{\max}$ 는 사용자 k의 h번째 홉의 최대 자원할당 영역크기, 상기 $S_{k,h}$ 는 h번째 홉의 사용자 단말 k의 자원 할당 영역의 크기로서, 상기 $S_{h,a}^{\max}$ 와 상기 $S_{k,h}$ 같은 경우 상기 $m_{k,h}[\phi, \tau]$ 는 1의 값을 가지고, 상기 $S_{h,a}^{\max}$ 가 상기 $S_{k,h}$ 보다 클 경우 0의 값을 갖는다. 상기 $m_{k,h}[\phi, \tau]$ 결정의 예를 도 5를 참조하여 설명하기로 한다.

<51>

사용자 단말 u_3 는 가능한 자원할당 영역크기 $S_{x,3}$ 이고 사용자 u_2 는 가능한 자원할당 영역크기 $S_{x,2}$ 이고, 사용자 u_1 는 가능한 자원할당 영역크기 $S_{x,1}$ 이라고 가정한다. 이때, 상기 사용자 u_3 의 자원할당 영역크기가 다른 사용자 (u_2, u_1)들과 비교하여 가장 클 경우, $S_{x,3}$ 는 $S_{h,a}^{\max}$ 와 같다. 따라서, 사용자 u_3 의 $m_{k,h}[\phi, \tau]$ 는 1의 값을 갖는다. 그리고, 사용자 u_2, u_1 는 모두 상기 $S_{h,a}^{\max}$ 보다 작아 사용자 u_2, u_1 의 $m_{k,h}[\phi, \tau]$ 는 1의 값을 갖는다. 이는 자원 재사용이 가능한 사용자 단말 u_2, u_1 의 무선자원 효율 $\gamma_k[\phi, \tau]$ 을 사용자 단말 u_3 보다 크게 하기 위함이다.

<52>

<53>

이후, 상기 기지국의 스케줄러는 408 단계에서 본 발명에서 제시된 QoS 관련 파라미터를 계산한다. 여기서, 테

이더 서비스 사용자에게 대한 QoS 요구조건은 두 가지 판단의 기준(criterion)에 의해 정의된다. QoS 요구 조건의 첫 번째 기준은 사용자 k 에게 제공되어야 하는 평균 데이터 처리율(average throughput) $\overline{r}_k$ 은 기설정된(pre-defined) 값 ρ_k 보다 작을 수는 없다. 즉, 첫 번째 기준은 하기 <수학식 6>으로 표현할 수 있다.

수학식 6

$$\overline{r}_k \geq \rho_k$$

<54>

QoS 요구 조건의 두 번째 기준은 대부분 패킷의 시간 지연(delay)는 특정 문턱치(threshold) 이하로 유지되어야 한다. 사용자 k 에 대한 시간 지연 요구 사항은 하기 <수학식 7>같이 나타낼 수 있다.

수학식 7

$$\Pr\{W_k > T_k\} \leq \delta_k$$

<56>

여기서, 상기 W_k 는 사용자 k 의 패킷 시간 지연이고, 상기 T_k 는 사용자 k 의 시간 지연 문턱치(delay threshold), 상기 δ_k 는 사용자 k 의 T_k 를 초과하는 최대 확률이다.

<57>

여기서, 데이터 서비스 사용자에게 대한 QoS 요구조건은 두 가지 판단의 기준(criterion)을 만족할 수 있도록 QoS 파라미터를 하기 <수학식 8>로 정의하기로 한다.

<58>

수학식 8

$$\beta_k = a_k / \overline{r}_k$$

<59>

여기서, β_k 는 사용자 단말 k 의 QoS 파라미터 값이고, 상기 $\overline{r}_k$ 는 사용자 단말 k 의 평균 데이터 처리율(average throughput)이고, 상기 a_k 는 하기 <수학식 9>으로 구한다.

<60>

수학식 9

$$a_k = -(\log \delta_k) / T_k$$

<61>

여기서, 상기 T_k 는 사용자 단말 k 의 시간 지연 문턱치(delay threshold), 상기 δ_k 는 사용자 k 의 T_k 를 초과하는 최대 확률이다.

<62>

이후, 상기 기지국의 스케줄러는 410 단계에서 스케줄링 우선 순위 지표를 계산한다. 상기 스케줄링 우선 순위 지표(k)는 하기 <수학식 10>을 이용하여 계산한다.

<63>

수학식 10

$$k = \beta_k W_k[\tau] \gamma_k[\tau]$$

<64>

여기서, β_k 는 사용자 단말 k 의 QoS 파라미터 값이고, 상기 γ_k 는 기지국과 사용자 단말 u_k 간 경로의 무선 자원 재사용을 고려한 무선자원 효율이고, 상기 W_k 는 사용자 단말 k 의 패킷 시간 지연이다.

<65>

<66> 이후, 상기 기지국의 스케줄러는 412 단계에서 모든 사용자 단말별로 계산된 우선 순위 지표(k)를 이용하여 가장 높은 우선 순위 지표를 갖는 사용자 K^* 를 스케줄링한다. 즉, 스케줄링되는 사용자 단말은 하기 <수학식 1>에 의해 선택된다.

수학식 11

$$k^* = \arg \max \{ \beta_k W_k[\tau] \gamma_k[\tau] \}, k \in G[\tau]$$

<67> 즉, 상기 스케줄러는 큐에 데이터가 있는 단말 집합($G[\phi, \tau]$)에서 가장 큰 스케줄링 우선 순위 지표를 갖는 사용자 단말을 선택한다. 만약, 동률의 스케줄링 우선 순위 지표를 가지는 단말이 하나 이상일 경우 기설정된(또는 임의의) 방법으로 단말 하나를 선택한다.

<68> 이후, 상기 기지국의 스케줄러는 414 단계에서 다중 홉 전송을 통해 사용자 단말 u_k^* 의 전송 가능한 데이터 양을 결정한다. 상기 사용자 단말 u_k^* 의 전송 가능한 데이터 양은 하기 <수학식 12>를 이용하여 계산한다.

수학식 12

$$a[\phi, \tau] = \max \{ r_{k^*, h}[\tau] \}, h = 1, 2, \dots, d_k[\phi]$$

<69> 즉, 각 홉 별로 계산된 가능한 전송률 $r_{k^*, h}$ 중 가장 큰 값을 가지는 전송 가능한 데이터 양으로 결정한다.

<70>

<71> 이후, 상기 기지국의 스케줄러는 416 단계에서 사용자 단말 u_k^* 의 데이터를 다중 홉을 통하여 전송하기 위해 각 홉에서 필요한 무선자원의 양 $p_{k^*, h}[\phi, \tau]$ 을 계산한다. 여기서, 상기 각 홉에서 필요한 무선 자원의 양 $p_{k^*, h}[\phi, \tau]$ 은 하기 <수학식 13>을 이용하여 계산한다.

수학식 13

$$p_{k^*, h}[\phi, \tau] = \left\lceil \frac{\max \{ r_{k^*, h} \}}{r_{k^*, h}} \right\rceil, h = 1, \dots, d_k[\tau]$$

<72>

<73> 여기서, 상기 $r_{k^*, h}$ 는 가장 높은 우선 순위 지표를 갖는 사용자 단말 k의 h 번째 홉에서의 데이터 전송률이다. 즉, 사용자 단말 u_k^* 의 다중 홉에서 가장 큰 가능한 전송률에 대한 현 홉의 가능한 전송률 비로서 구해진다.

<74> 도 6을 참조하여 다중 홉 전송을 위한 홉 별 필요 무선 자원량의 $p_{k^*, h}[\phi, \tau]$ 결정 예를 설명하면, 사용자 단말 u_k^* 가 첫 번째 홉에서 전송 가능한 데이터 양이 10이고, 두 번째 홉에서 전송 가능한 데이터 양이 6이고, 세 번째 홉에서 전송 가능한 데이터 양이 4라고 가정하였을 때, 사용자 단말 u_k^* 의 전송 가능한 데이터 양은 10이 된다. 이때, 첫 번째 홉의 필요 무선자원 양은 $1(10/10)$ 이 되고, 두 번째 홉의 필요 무선자원 양은 $2(10/6)$, 세 번째 홉의 필요 무선자원 양은 $3(10/4)$ 가 된다. 다시 말해, 이는 전송 가능한 데이터(10)는 첫 번째 홉에서 하나의 프레임을 통해 전송이 가능 하지만, 두 번째 홉에서 두 개의 프레임을 통해 전송이 가능하고, 세 번째 홉에서 세 개의 프레임들을 통해 전송이 가능하다.

<75> 또한, 상기 기지국의 스케줄러는 사용자 단말 u_k^* 가 전송 경로 상의 각 홉에서 실질적으로 필요한 추가 무선 자

원의 양 $p'_{k^*,h}=[\phi,\tau]$ 를 계산한다. 이는 자원 재사용도 반영할 수 있으므로 재사용하는 중계기의 자원 중 남는 자원이 존재하는 경우에는 추가적인 자원 할당이 필요 없을 것이다. 그러나 남는 자원의 양보다 더 많은 자원이 추가로 소요되는 경우에는 추가적인 자원의 할당이 필요하다.

<78> 상기 실질적으로 필요한 추가 무선 자원의 양 $p'_{k^*,h}=[\phi,\tau]$ 은 하기 <수학식 14>를 이용하여 계산한다.

수학식 14

$$p'_{k^*,h}=\max \{0,p_{k^*,h}-(S_{k^*,h}^{\max}-S_{k,h})\}$$

<79> 여기서, 상기 $S_{h,\alpha}^{\max}$ 는 사용자 k의 h번째 홉의 최대 자원할당 영역크기, 상기 $S_{k,h}$ 는 h번째 홉의 사용자 단말 k의 자원 할당 영역의 크기이다. 여기서, 도 7은 추가로 필요한 무선 자원 양 $p'_{k^*,h}=[\phi,\tau]$ 의 결정 예를 도시하고 있다.

<81> 이후, 상기 스케줄러는 418 단계에서 현재까지 할당된 자원의 총량이 전체 할당 가능한 프레임의 자원양보다 커지게 되면 스케줄링을 종료하며, 작은 경우는 계속해서 스케줄링을 수행한다. 여기서, 도 8은 프레임별 스케줄링 종료 결정 예를 도시하고 있다.

<82> 즉, 하기 <수학식 15>을 만족하는 경우, 상기 스케줄러는 420 단계로 진행하여 사용자 단말 u_{k^*} 가 속한 무선자원 그룹에 할당된 무선자원 양 $S_{k^*,h}[\phi,\tau]$, $S_{k^*,h}^{\max}[\phi,\tau]$ 을 하기 <수학식 16>을 이용하여 갱신한다.

수학식 15

$$\sum_{h=1}^{d_{k^*}[\tau]} p'_{k^*,h}[\phi,\tau] \leq S_{total} - \sum_{X=1}^{N_R} S_X^{\max}[\phi,\tau]$$

<84> 여기서, 상기 $p'_{k^*,h}=[\phi,\tau]$ 추가로 필요한 무선자원 양이고, 상기 S_{total} 은 총 무선자원 양이고, 상기 $S_X^{\max}[\phi,\tau]$ 은 X번째 홉의 최대 무선자원 양이다.

수학식 16

$$S_{k^*,h}[\phi,\tau+1]=\begin{cases} S_{k^*,h}[\phi,\tau]+p_{k^*,h}[\phi,\tau] \\ S_{k^*,h}[\phi,\tau] \end{cases}, \quad h=1,\dots,d_{k^*}[\phi]$$

$$S_{k^*,h}^{\max}[\phi,\tau]=\max \{S_{k^*,h}\}, \quad h=1,2,\dots,d_{k^*}[\phi]$$

<87> 여기서, 상기 $S_{k^*,h}[\phi,\tau+1]$ 는 추가로 무선자원 할당이 없을 시 $S_{k^*,h}[\phi,\tau]$ 로 또는 추가 무선자원이 있을 시 $S_{k^*,h}[\phi,\tau]+p_{k^*,h}[\phi,\tau]$ 로 갱신되고, 상기 $S_{k^*,h}^{\max}[\phi,\tau]$ 는 사용자 단말 k의 다중 홉에서 가장 큰 $S_{k^*,h}$ 로 갱신된다.

<88> 이후, 상기 스케줄러는 상기 422 단계에서 이전 평균 무선자원 효율과 이전 무선자원 효율을 이용하여 현재 평균 무선자원 효율을 갱신한다.

수학식 17

$$\overline{\gamma}_i(t)=(1-\frac{1}{t_c})\overline{\gamma}_i(t-1)+\frac{1}{t_c}\gamma_i(t-1), \quad i=k$$

<89>

$$=(1-\frac{1}{t_c})\overline{\gamma}_i(t-1), \text{ otherwise}$$

<90>

<91> 여기서, 상기 t_c 는 가중치 상수로써, 상기 평균값을 구하기 위한 슬라이딩 윈도우 사이즈와 관련이 있으며, 시스템에 따라 적절한 값으로 선택할 수 있다.

<92> 상술한 바와 같이, 하기 <수학식 15>을 만족할 때까지 상기 404 단계 내지 상기 418 단계를 반복한다. 이는 프레임 자원이 모두 소진될 때까지 스케줄링을 통한 채널 할당을 계속 수행하기 위함이다.

<93> 이후, 상기 스케줄러는 본 발명의 패킷 스케줄링을 종료한다.

<94> 한편 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니 되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

발명의 효과

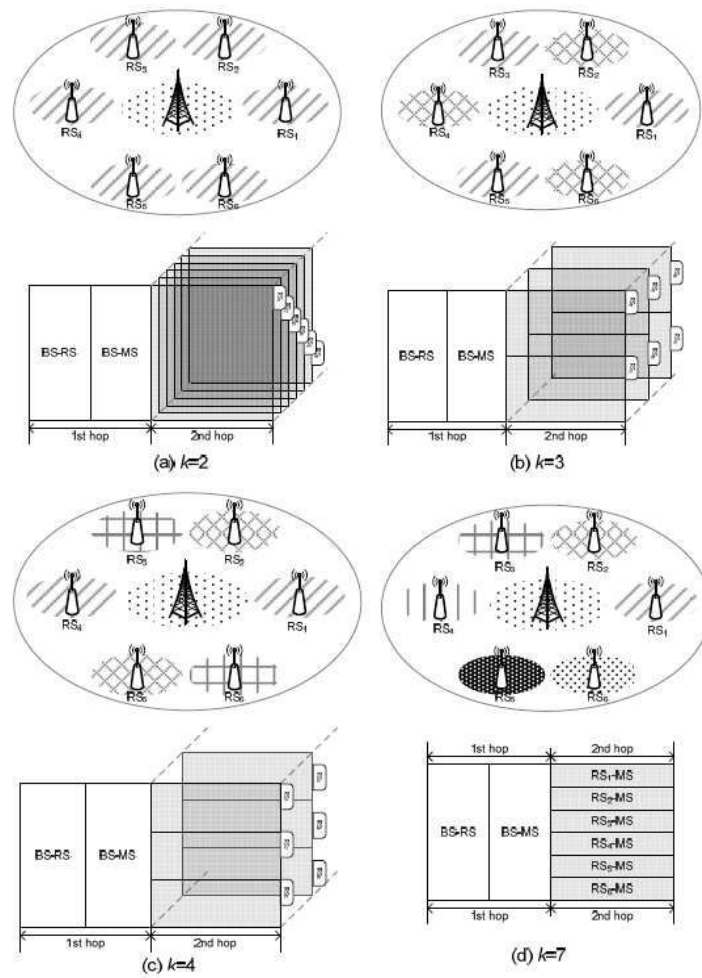
<95> 상술한 바와 같이, 본 발명은 다중 홉 릴레이 방식을 사용하는 무선 접속 통신 시스템 환경에서 중앙집중식 스케줄링 및 무선 자원 관리 그리고 셀 내 주파수 재사용을 하는 경우 기존 셀룰러 시스템에서의 QoS 보장을 제공하는 기회적 스케줄링 기법인 M-LWDF 스케줄링 기법을 확장 적용하기 위한 장치 및 방법을 제공함으로써, 시스템의 효율을 증대시키고 사용자에게 개선된 QoS를 제공하는 이점이 있다. 결국 이러한 시스템 전송 효율의 증대는 하나의 기지국에서 QoS를 보장하면서 수용할 수 있는 사용자 수의 증대를 기대할 수 있으며, 따라서 보다 효율적인 시스템 설치 및 운용을 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

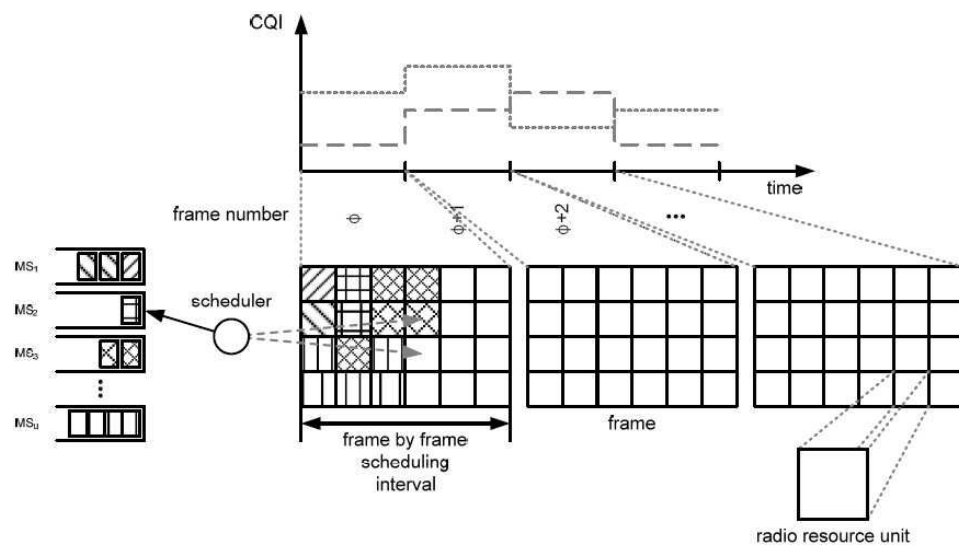
- <1> 도 1은 본 발명에 따른 다중 홉 중계 방식을 사용하는 광대역 무선 통신 시스템에서 셀 내 공간적 주파수 재사용 및 프레임 구조 예시도,
- <2> 도 2는 본 발명에 따른 다중 홉 중계 방식을 사용하는 광대역 무선 통신 시스템에서 프레임별 스케줄링 예시도,
- <3> 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 다중 홉 중계방식의 광대역 무선 통신 시스템에서 무선자원 재사용과 QoS 보장을 위한 기회적 패킷 스케줄링 장치도,
- <4> 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 다중 홉 중계방식의 광대역 무선 통신 시스템에서 무선자원 재사용과 QoS 보장을 위한 기회적 패킷 스케줄링 흐름도,
- <5> 도 5는 본 발명에 따른 자원 재사용 여부를 나타내는 지표의 결정 예시도,
- <6> 도 6은 본 발명에 따른 다중 홉 전송을 위한 홉 별 필요 무선 자원량의 결정 예시도,
- <7> 도 7은 본 발명에 따른 추가로 필요한 무선 자원 양 $p'_{k^*,h}=[\psi, \tau]$ 의 결정 예시도 및,
- <8> 도 8은 본 발명에 따른 프레임 별 스케줄링 종료 여부 결정 예시도.

도면

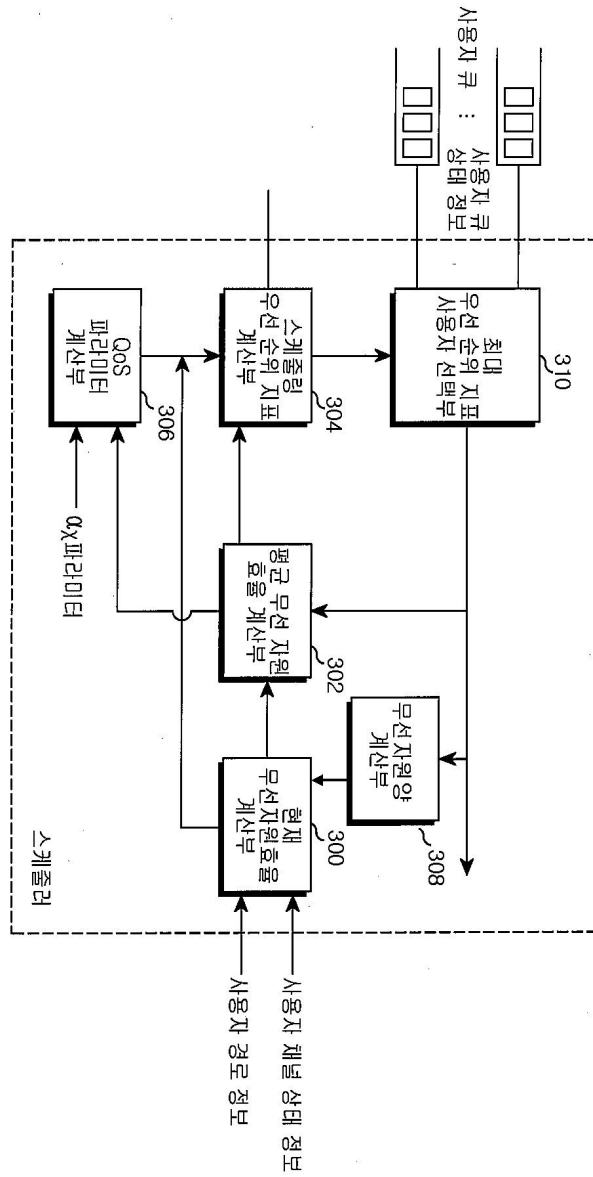
도면1



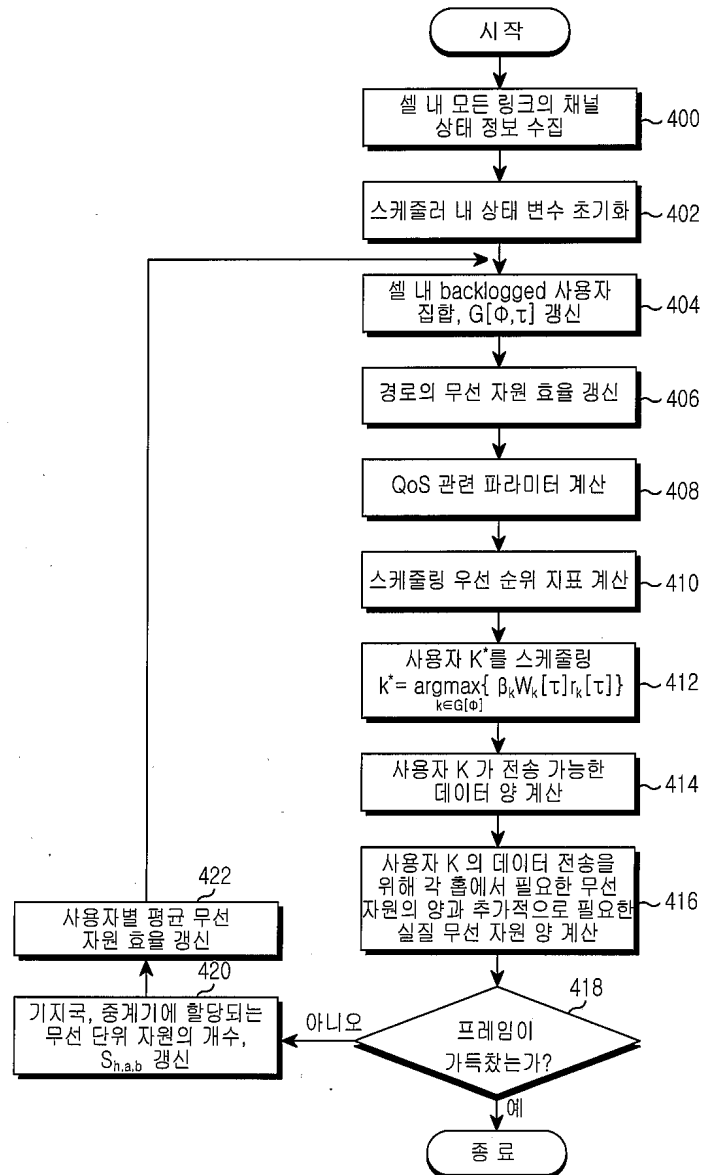
도면2



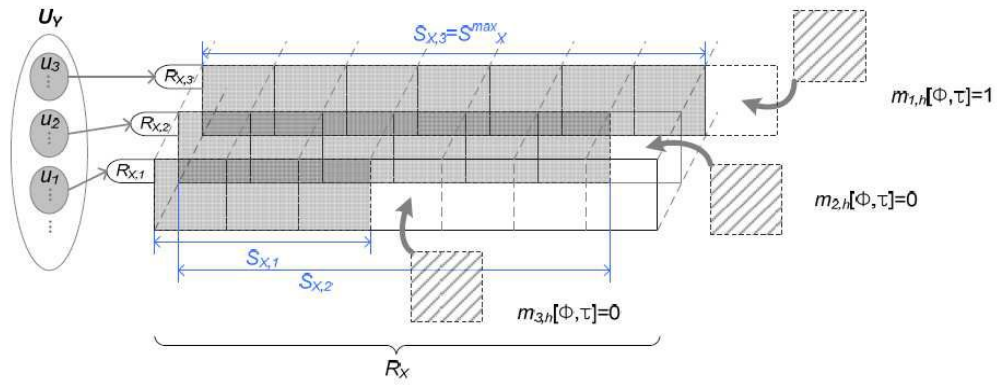
도면3



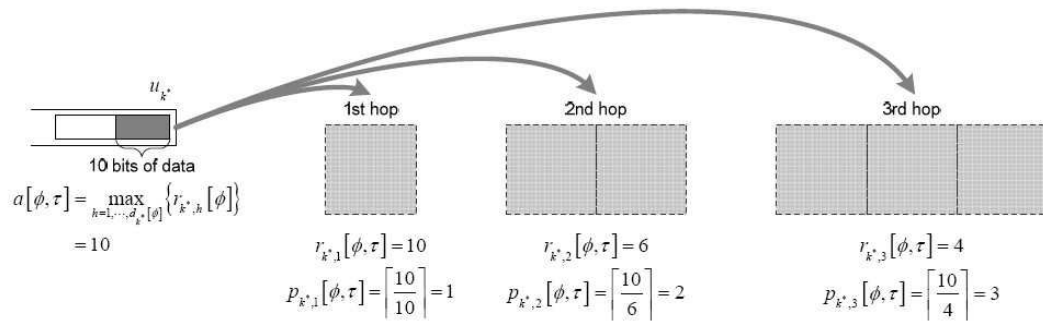
도면4



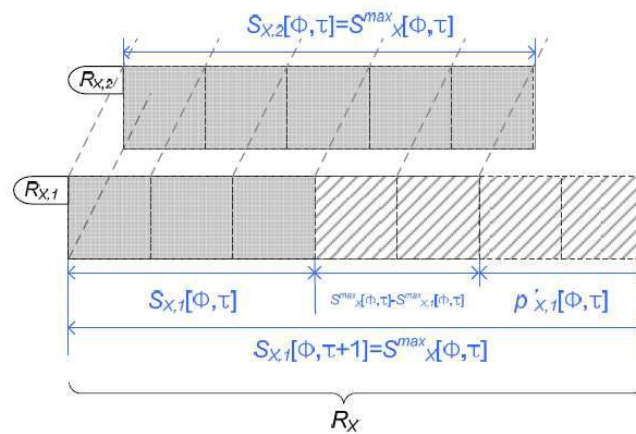
도면5



도면6



도면7



도면8

