(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0015491
(43) 공개일자 2011년02월16일

(51) Int. Cl.
H04W 72/12 (2009.01) *H04W 16/26* (2009.01)
(21) 출원번호 10-2009-0122774
(22) 출원일자 2009년12월10일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
61/232,462 2009년08월09일 미국(US)

(71) 출원인
엘지전자 주식회사
서울특별시 영등포구 여의도동 20번지
인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교
(72) 발명자
서한별
경기도 안양시 동안구 호계동 533번지 LG제1연구단지
김병훈
경기도 안양시 동안구 호계동 533번지 LG제1연구단지
박대영
인천시 남동구 구월2동 롯데캐슬골드아파트 2304동 1904호
(74) 대리인
박장원

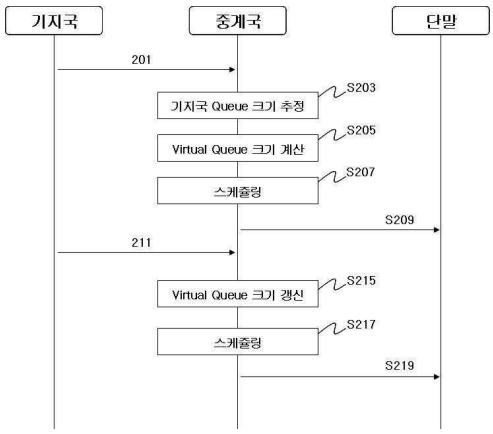
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 릴레이 통신 시스템의 스케쥴링 방법 및 장치

(57) 요 약

본 발명은 릴레이(Relay) 네트워크에서 패킷 스케쥴링 방법 및 장치에 관한 것으로서, 본 발명에 따른 릴레이(Relay) 방식의 통신시스템에서 중계국(Relay Station)의 스케쥴링(Scheduling) 방법은, 기지국으로부터 사용자에게 전송할 데이터 발생량에 대한 정보를 수신하는 단계; 기지국으로부터 수신된 데이터 발생량을 기반으로 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐 크기를 추정하는 단계; 추정된 기지국 큐 크기와 중계국에서 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 중계국 큐 크기를 참고하여 사용자에게 전송할 전체 데이터가 저장된 가상 큐(virtual queue) 크기를 구하는 단계; 가상 큐 크기를 기반으로 자원할당을 위한 스케쥴링을 수행하는 단계; 및 스케쥴링 결과를 바탕으로 사용자에게 데이터를 전송하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

릴레이(Relay) 방식의 통신시스템에서 중계국(Relay Station)의 스케쥴링(Scheduling) 방법에 있어서,

기지국으로부터 사용자에게 전송할 데이터 발생량에 대한 정보를 수신하는 단계;

상기 기지국으로부터 수신된 데이터 발생량을 기반으로 상기 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐 크기를 추정하는 단계;

상기 추정된 기지국 큐 크기와 중계국에서 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 중계국 큐 크기를 참고하여 사용자에게 전송할 전체 데이터가 저장된 가상 큐(virtual queue) 크기를 구하는 단계;

상기 가상 큐 크기를 기반으로 자원할당을 위한 스케쥴링을 수행하는 단계; 및

상기 스케쥴링 결과를 바탕으로 상기 사용자에게 데이터를 전송하는 단계를 포함하는 중계국의 스케쥴링 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 기지국으로부터 수신되는 데이터 발생량에 대한 정보는 상기 사용자에게 전달될 패킷의 평균 도착율(average arrival rate) 정보이며,

상기 평균 도착율 정보는 상기 기지국으로부터 주기적으로 수신되는 것을 특징으로 하는 중계국의 스케쥴링 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 기지국의 큐 크기를 추정하는 단계에서,

상기 기지국으로부터 상기 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐(Queue) 크기 정보를 더 수신하고,

상기 수신된 기지국의 큐 크기 정보를 바탕으로 상기 추정된 기지국의 큐 크기 정보를 갱신하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 중계국의 스케쥴링 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 추정된 기지국 큐 크기를 $\tilde{Q}_k^{BS}(n)$라 하고, 상기 중계국 큐 크기를 $Q_k^{RS}(n)$라 하고, 상기 사용자와 상기 중계국 간의 채널 링크 전송률을 $R_{Rk}(n)$라 하고, 상기 사용자의 스케쥴링 상수값을 γ_k라 할 때, 상기 스케쥴링 $\gamma^{RS}(n)$은 다음 식,

$$\gamma^{RS}(n) = \arg \max_{k=1,..,K} \gamma_k R_{Rk}(n)(\tilde{Q}_k^{BS}(n) + Q_k^{RS}(n))$$

으로 결정되는 것을 특징으로 하는 중계국의 스케쥴링 방법.

청구항 5

릴레이(Relay) 방식의 통신시스템에서 중계국(Relay Station)의 스케쥴링(Scheduling) 방법에 있어서,

기지국으로부터 사용자에게 전송할 데이터 발생량에 대한 정보를 주기적으로 수신하여 상기 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐(Queue) 크기를 추정하는 단계;

상기 기지국으로부터 상기 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐(Queue) 크기 정보를 주기적으로 수신하여 상기 추정된 기지국 큐 크기를 갱신하는 단계;

상기 갱신된 기지국 큐 크기와 중계국에서 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 큐 크기를 참고하여 사용자에게 전송할 전체 데이터가 저장된 가상 큐(virtual queue) 크기를 구하는 단계;

상기 가상 큐 크기를 기반으로 자원할당을 위한 스케쥴링을 수행하는 단계; 및

상기 스케쥴링 결과를 바탕으로 상기 사용자에게 데이터를 전송하는 단계를 포함하는 중계국의 스케쥴링 방법.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 갱신된 기지국 큐 크기를 $Q_k^{BS}(n)$라 하고, 상기 중계국 큐 크기를 $Q_k^{RS}(n)$라 하고, 상기 사용자와 상기 중계국 간의 채널 링크 전송률을 $R_{Rk}(n)$라 하고, 상기 사용자의 스케쥴링 상수값을 γ_k라 할 때, 상기 스케쥴링 $\gamma^{RS}(n)$은 다음 식,

$$\gamma^{RS}(n)=\arg\max_{k=1,..,K}\gamma_k R_{Rk}(n)(Q_k^{BS}(n)+Q_k^{RS}(n))$$

으로 결정되는 것을 특징으로 하는 중계국의 스케쥴링 방법.

청구항 7

릴레이(Relay) 방식의 통신시스템에서 중계국(Relay Station)의 스케쥴링(Scheduling) 방법에 있어서,

사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐(Queue) 크기가 미리 정해진 기준에 부합하는 경우 상기 큐 크기 정보를 상기 기지국으로부터 수신하는 단계;

상기 기지국으로부터 수신된 큐 크기 정보와 중계국에서 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 큐 크기를 참고하여 사용자에게 전송할 전체 데이터가 저장된 가상 큐(virtual queue) 크기를 구하는 단계;

상기 가상 큐 크기를 기반으로 자원할당을 위한 스케쥴링을 수행하는 단계; 및

상기 스케쥴링 결과를 바탕으로 상기 사용자에게 데이터를 전송하는 단계를 포함하는 중계국의 스케쥴링 방법.

청구항 8

제 7항에 있어서, 상기 기지국 큐 크기 정보를 상기 기지국으로부터 수신하는 단계는,

상기 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐(Queue) 크기가 일정값 이상 또는 이하인 경우 상기 큐 크기 정보를 상기 기지국으로부터 수신하는 것을 특징으로 하는 중계국의 스케쥴링 방법.

청구항 9

제 7항에 있어서,

상기 기지국 큐 크기를 $Q_k^{BS}(n)$라 하고, 상기 중계국 큐 크기를 $Q_k^{RS}(n)$라 하고, 상기 사용자와 상기 중계국 간의 채널 링크 전송률을 $R_{Rk}(n)$라 하고, 상기 사용자의 스케쥴링 상수값을 γ_k라 할 때, 상기 스케쥴링 $\gamma^{RS}(n)$은 다음 식,

$$\gamma^{RS}(n)=\arg\max_{k=1,..,K}\gamma_k R_{Rk}(n)(Q_k^{BS}(n)+Q_k^{RS}(n))$$

으로 결정되는 것을 특징으로 하는 중계국의 스케쥴링 방법.

청구항 10

릴레이(Relay) 방식의 통신시스템에서 중계국(Relay Station)의 스케쥴링(Scheduling) 방법에 있어서,

기지국으로부터 사용자에게 전송할 데이터량이 소정 기준을 초과하는 사용자의 인덱스(index) 정보를 수신하는 단계;

상기 기지국으로부터 수신된 사용자 인덱스 정보와 중계국에서 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 큐 크기를 참고하여 사용자별 자원할당 우선순위를 결정하는 스케쥴링 단계; 및

상기 스케쥴링 결과를 바탕으로 상기 사용자에게 데이터를 전송하는 단계를 포함하는 중계국의 스케쥴링 방법.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 사용자의 인덱스(index) 정보는 상기 기지국으로부터 사용자에게 전송할 데이터량이 가장 많은 사용자의 인덱스 정보인 것을 특징으로 하는 중계국의 스케쥴링 방법.

청구항 12

제 10항에 있어서,

상기 사용자의 인덱스 정보는, 상기 사용자에게 전송할 데이터량이 소정 기준을 초과하는 사용자들의 인덱스가 비트맵(bitmap) 형태로 수신되는 것을 특징으로 하는 중계국의 스케쥴링 방법.

청구항 13

릴레이(Relay) 방식의 통신시스템에서 중계국(Relay Station)의 스케쥴링(Scheduling) 장치에 있어서,

기지국으로부터 사용자에게 전송할 데이터 발생량 및 상기 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐(Queue) 크기 정보를 수신하는 수신기;

상기 기지국으로부터 수신된 데이터 발생량을 기반으로 상기 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐 크기를 추정하고, 상기 추정된 기지국 큐 크기와 중계국에서 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 중계국 큐 크기를 참고하여 사용자에게 전송할 전체 데이터가 저장된 가상 큐(virtual queue) 크기를 결정하는 가상 큐 추정기;

상기 가상 큐 추정기를 통해서 결정된 가상 큐 크기를 기반으로 자원할당을 위한 스케쥴링을 수행하는 스케쥴러; 및

상기 스케쥴러의 스케쥴링 결과를 바탕으로 상기 사용자에게 데이터를 전송하는 송신기를 포함하는 스케쥴링 장치.

청구항 14

제 13항에 있어서,

상기 추정된 기지국 큐 크기를 $\widetilde{Q}_k^{BS}(n)$라 하고, 상기 중계국 큐 크기를 $Q_k^{RS}(n)$라 하고, 상기 사용자와 상기 중계국 간의 채널 링크 전송률을 $R_{Rk}(n)$라 하고, 상기 사용자의 스케쥴링 상수값을 γ_k라 할 때, 상

기 스케쥴러의 스케쥴링 $\gamma^{RS}(n)$은 다음 식,

$$\gamma^{RS}(n)=\arg\max_{k=1,..,K}\gamma_k R_{Rk}(n)(\tilde{Q}_k^{BS}(n)+Q_k^{RS}(n))$$

으로 결정되는 것을 특징으로 하는 스케쥴링 장치.

청구항 15

제 13항에 있어서,

상기 수신기는 상기 기지국으로부터 사용자에게 전송할 데이터량이 소정 기준을 초과하는 사용자의 인덱스(index) 정보를 수신하고,

상기 스케쥴러는 상기 기지국으로부터 수신된 사용자 인덱스 정보와 중계국에서 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 큐 크기 정보를 참조하여 사용자별 자원할당 우선순위를 결정하는 것을 특징으로 하는 스케쥴링 장치.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 릴레이 시스템의 스케쥴링 방법 및 장치에 관한 것으로서, 최적의 전송량(throughput) 및 사용자간의 공평성(fairness)을 위한 릴레이의 스케쥴링 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적인 셀룰러 네트웍은 기지국이 커버하는 셀 내에서 기지국과 단말간의 직접 링크(direct link)를 통하여 통신이 이루어지는 중앙 집중적인 셀 설계를 통해서 상호 신뢰도가 높은 무선 통신링크를 구성한다. 그러나, 최근 통신망은 서비스 주파수 대역이 점점 높아지고 있으며 고속 통신 및 더 많은 통화량을 수용하기 위해 셀들이 반경이 점차 작아지고 있는 추세인 바, 기존의 중앙 집중적인 셀룰러 무선망 방식을 향후에도 그대로 운용하기에는 많은 문제점이 발생한다. 즉, 기지국의 위치가 고정되어 있어서 무선링크 구성의 유연성(flexibility)이 떨어지므로 트래픽 분포나 통화 요구량의 변화가 심한 무선환경에서 효율적인 통신 서비스를 제공하기 어려운 문제점이 있다.

[0003] 따라서, 차세대 통신시스템은 분산적으로 제어되고 구축되면서도, 새로운 기지국의 추가와 같은 환경 변화에 능동적으로 대처할 수 있어야 한다.

[0004] 이와 같은 문제점을 해결하고자 릴레이(relay) 시스템이 제안되었다. 릴레이 시스템은 셀 영역 내에서 발생하는 부분적인 음영 지역을 커버하여 셀 서비스 영역을 넓힐 수 있으며, 시스템 용량을 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라, 서비스 요구가 적은 초기 상황을 릴레이(이하 '중계국'이라 함)를 이용함으로써 초기 설치 비용에 대한 부담을 줄일 수 있는 장점이 있다.

[0005] 릴레이를 이용하는 시스템에서는 기지국을 통해서 자원이 직접 할당되는 사용자와 릴레이를 통해서 자원이 할당되는 사용자가 존재하게 된다. 이 경우 기지국은 기지국에서 서비스하는 패킷의 양과 릴레이에서 서비스하는 패킷의 양 및 기지국의 큐(Queue) 크기와 중계국의 큐 크기를 모두 고려하여 스케쥴링을 함으로써, 패킷 전송률을 최적화하고 모든 사용자가 공평하게 자원이 할당되도록 하여야 한다. 그러나 현재 릴레이 시스템에서는 이와 같은 사항을 고려한 스케쥴링 방법이 제안되어 있지 않은 문제점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0006] 본 발명은 상기와 같이 릴레이 방식의 통신 시스템에서 최적의 전송량(throughput) 및 사용자 간의 공평성(fairness)을 위한 릴레이의 스케쥴링 방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

[0007] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일실시예에 따른 중계국의 스케쥴링 방법은, 릴레이(Relay) 방식의 통신시스템에서 중계국(Relay Station)의 스케쥴링(Scheduling) 방법에 있어서, 기지국으로부터 사용자에게 전송할 데이터 발생량에 대한 정보를 수신하는 단계; 상기 기지국으로부터 수신된 데이터 발생량을 기반으로 상기 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐 크기를 추정하는 단계; 상기 추정된 기지국 큐 크기와 중계국에서 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 중계국 큐 크기를 참고하여 사용자에게 전송할 전체 데이터가 저장된 가상 큐(virtual queue) 크기를 구하는 단계; 상기 가상 큐 크기를 기반으로 자원할당을 위한 스케쥴링을 수행하는 단계; 및 상기 스케쥴링 결과를 바탕으로 상기 사용자에게 데이터를 전송하는 단계를 포함한다.

[0008] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 일실시예에 따른 중계국의 스케쥴링 방법은, 릴레이(Relay) 방식의 통신시스템에서 중계국(Relay Station)의 스케쥴링(Scheduling) 방법에 있어서, 기지국으로부터 사용자에게 전송할 데이터 발생량에 대한 정보를 주기적으로 수신하여 상기 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐(Queue) 크기를 추정하는 단계; 상기 기지국으로부터 상기 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐(Queue) 크기 정보를 주기적으로 수신하여 상기 추정된 기지국 큐 크기를 갱신하는 단계; 상기 갱신된 기지국 큐 크기와 중계국에서 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 큐 크기를 참고하여 사용자에게 전송할 전체 데이터가 저장된 가상 큐(virtual queue) 크기를 구하는 단계; 상기 가상 큐 크기를 기반으로 자원할당을 위한 스케쥴링을 수행하는 단계; 및 상기 스케쥴링 결과를 바탕으로 상기 사용자에게 데이터를 전송하는 단계를 포함한다.

[0009] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 일실시예에 따른 중계국의 스케쥴링 방법은, 릴레이(Relay) 방식의 통신시스템에서 중계국(Relay Station)의 스케쥴링(Scheduling) 방법에 있어서, 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐(Queue) 크기가 미리 정해진 기준에 부합하는 경우 상기 큐 크기 정보를 상기 기지국으로부터 수신하는 단계; 상기 기지국으로부터 수신된 큐 크기 정보와 중계국에서 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 큐 크기를 참고하여 사용자에게 전송할 전체 데이터가 저장된 가상 큐(virtual queue) 크기를 구하는 단계; 상기 가상 큐 크기를 기반으로 자원할당을 위한 스케쥴링을 수행하는 단계; 및 상기 스케쥴링 결과를 바탕으로 상기 사용자에게 데이터를 전송하는 단계를 포함한다.

[0010] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 일실시예에 따른 중계국의 스케쥴링 방법은, 릴레이(Relay) 방식의 통신시스템에서 중계국(Relay Station)의 스케쥴링(Scheduling) 방법에 있어서, 기지국으로부터 사용자에게 전송할 데이터량이 소정 기준을 초과하는 사용자의 인덱스(index) 정보를 수신하는 단계; 상기 기지국으로부터 수신된 사용자 인덱스 정보와 중계국에서 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 큐 크기를 참고하여 사용자별 자원할당 우선순위를 결정하는 스케쥴링 단계; 및 상기 스케쥴링 결과를 바탕으로 상기 사용자에게 데이터를 전송하는 단계를 포함한다.

[0011] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일실시예에 따른 중계국의 스케쥴링 장치는, 릴레이(Relay) 방식의 통신시스템에서 중계국(Relay Station)의 스케쥴링(Scheduling) 장치에 있어서, 기지국으로부터 사용자에게 전송할 데이터 발생량 및 상기 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐(Queue) 크기 정보를 수신하는 수신기; 상기 기지국으로부터 수신된 데이터 발생량을 기반으로 상기 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐 크기를 추정하고, 상기 추정된 기지국 큐 크기와 중계국에서 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 중계국 큐 크기를 참고하여 사용자에게 전송할 전체 데이터가 저장된 가상 큐(virtual queue) 크기를 결정하는 가상 큐 추정기; 상기 가상 큐 추정기를 통해서 결정된 가상 큐 크기를 기반으로 자원할당을 위한 스케쥴링을 수행하는 스케쥴러; 및 상기 스케쥴러의 스케쥴링 결과를 바탕으로 상기 사용자에게 데이터를 전송하는 송신기를 포함한다.

효 과

[0012] 본 발명에 따른 중계국의 스케쥴링 방법에 따르면, 기지국과 직접 링크를 통하여 패킷 서비스를 제공받는 사용자와 중계국을 통한 릴레이 링크를 통해서 패킷 서비스를 제공받는 사용자들간의 공평성(Fairness)이 보장되며, 릴레이 링크를 통하여 패킷을 수신하는 사용자 측면에서는 종래 패킷 수신 지연(delay)이 줄어들어 지연성능이 향상되는 효과가 발생한다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0013] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성 요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되

는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 발명의 사상을 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 발명의 사상이 제한되는 것으로 해석되어서는 아니 됨을 유의해야 한다.

[0014] 이하, 사용자라는 용어가 사용되나, 상기 사용자는 사용자 단말, SS(Subscriber Station) UE(User Equipment), ME(Mobile Equipment), MS(Mobile Station)로 불릴 수 있다. 또한, 상기 단말은 휴대폰, PDA, 스마트 폰(Smart Phone), 노트북 등과 같이 통신 기능을 갖춘 휴대 가능한 기기일 수 있거나, PC, 차량 탑재 장치와 같이 휴대 불가능한 기기일 수 있다.

[0015] 도 1은 무선 릴레이 네트워크 환경에서의 기지국 및 중계국의 각 사용자별 패킷 스케쥴링(Scheduling)을 개념적으로 도시한 도면이다.

[0016] 도 1에 도시된 바와 같이, 기지국(110)과 다수의 사용자(사용자 1, ..., 사용자 K, 사용자 K+1, ..., 사용자 L) 사이에 중계국(120)이 중계 역할을 하는 릴레이 통신시스템에서, 각 사용자의 패킷(10, 20, 30, 40)이 백본망(backbone network)을 통해서 기지국(110)으로 도착하면, 기지국(110) 내에서는 각 사용자별 큐(Queue; Q^{BS})에 패킷이 저장된다.

[0017] 도 1에서는, 설명의 편의상 기지국(110)과 중계국(120) 간에는 오직 한 명의 사용자의 패킷만을 전송하는 time-division 방식으로 통신을 한다고 가정하며, 첫 번째 사용자(사용자 1)부터 K번째 사용자(사용자 K)의 경우 기지국(110)이 중계국(120)을 통해 패킷을 전송하고, K+1번째 사용자(사용자 K+1) 부터 L 번째 사용자(사용자 L)까지는 기지국(110)이 직접 패킷 전송을 한다고 가정한다. 그러나 본 발명은 도 1과 같은 환경에 국한되지 아니하며 기지국(110)과 중계국(120) 사이에 여러 사용자의 패킷이 동시에 전송되는 경우도 포함될 수 있다.

[0018] K번째 사용자의 패킷이 전송되는 기지국(110)과 중계국(120) 사이의 채널 링크의 전송률을 $R_{Bk}(n)$라고 하고, K번째 사용자의 패킷이 전송되는 중계국(120)과 사용자 K 사이의 채널 링크의 전송률을 $R_{Rk}(n)$라고 하면, 기지국(110)과 중계국(120) 사이의 채널 링크는 첫 번째 사용자(사용자 1) 부터 K 번째 사용자(사용자 K)가 모두 공통이므로 $R_{Bk}(n)=R_{BR}(n),(k=1,2,3,...,K)$로 나타낼 수 있다.

[0019] 또한, 기지국(110)에서 중계국(120)으로 전달되는 k 번째 사용자의 패킷의 양을 $A_k^{BS}(n)$라 하고, 중계국(120)에서 전달되는 k 번째 사용자의 패킷의 양을 $A_k^{RS}(n)$라 하고, 중계국(120) 내부의 큐에 쌓여있는 k 번째 사용자의 패킷의 양을 $Q_k^{RS}(n)$라 할 때, n+1 번째 시간에 k 번째 사용자로 전송될 패킷이 쌓여있는 기지국(110)의 큐는 다음 수학식 1과 같다.

수학식 1

[0020] $$Q_k^{BS}(n+1)=\max(Q_k^{BS}(n)-S_k^{BS}(n),0)+A_k^{BS}(n)$$

[0021] 수학식 1에서 $S_k^{BS}(n)$는 기지국(110)에서 서비스하는 패킷의 양을 나타낸다.

[0022] 또한, n+1 번째 시간에 k 번째 사용자로 전송될 패킷이 쌓여있는 중계국(120)의 큐는 다음 수학식 2와 같다.

수학식 2

[0023] $$Q_k^{RS}(n+1)=\max(Q_k^{RS}(n)-S_k^{RS}(n),0)+A_k^{RS}(n)$$

[0024] 수학식 2에서 $S_k^{RS}(n)$는 중계국(120)에서 서비스하는 패킷의 양을 나타낸다.

[0025] 이 때, 기지국(110)에서는 max backlog 방식의 스케쥴링을 한다고 가정하면, 기지국(110)은 하기 수학식 3 및 4와 같이 스케쥴링을 한다.

수학식 3

[0026] $$k^{BS}(n)=\arg\max_{k=1,\ldots,L}\gamma_k R_{BK}(n)Q_k^{BS}(n)$$

수학식 4

[0027] $$S_k^{BS}(n)=A_k^{RS}(n)=\min(R_{BR}(n)1_{k=k^{BS}(n)},Q_k^{BS}(n))$$

[0028] 수학식 3 및 4에서 γ_k는 상수이며, $1_{k=k^{BS}(n)}$는 $k=k^{BS}(n)$일 때 1의 값을 갖으며, $k\neq k^{BS}(n)$일 때 0의 값을 갖는 지시함수(indicator function)이다.

[0029] 수학식 4에서 기지국(110)이 서비스하는 패킷의 양 $S_k^{BS}(n)$는 중계국(120)에 도착하는 패킷의 양 $A_k^{RS}(n)$과 같고, 그 값은 선택된 사용자의 링크 전송률과 큐의 크기 중에서 작은 값을 갖는다.

[0030] 따라서, 선택되지 않은 사용자에게는 기지국(110)으로부터 패킷이 전송되지 않으며, 큐의 크기가 링크 전송률보다 작으면 기지국(110)의 큐에 쌓인 패킷만 전송된다.

[0031] 마찬가지로 중계국(120)에서도 max backlog 방식의 스케쥴링을 한다고 가정하면, 중계국(120)은 하기 수학식 5 및 6과 같이 스케쥴링을 한다.

수학식 5

[0032] $$k^{RS}(n)=\arg\max_{k=1,\ldots,K}\gamma_k R_{RK}(n)Q_k^{RS}(n)$$

수학식 6

[0033] $$S_k^{RS}(n)=\min(R_{Rk}(n)1_{k=k^{RS}(n)},Q_k^{RS}(n))$$

[0034] 수학식 3 내지 6과 같은 기지국(110) 및 중계국(120)에서 스케쥴링은, 현재 링크의 전송률과 큐의 크기의 곱이 가장 큰 사용자를 우선적으로 선택하여 자원을 할당하는 방식이며, 따라서 backlog가 최대인 사용자를 우선한다는 의미에서 max backlog scheduling 기법이라고 지칭한다.

[0035] 한편, 기지국(110)에서는 max differential backlog 방식의 스케쥴링을 한다고 가정하면, 기지국(110)은 하기 수학식 7 및 8과 같이 스케쥴링을 한다.

수학식 7

[0036] $$k^{BS}(n)=\arg\max_{k}\gamma_k R_{Bk}(n)Q_k(n)$$

$$Q_k(n)=\begin{cases} Q_k^{BS}(n)-Q_k^{RS}(n), & k=1,2,\ldots,K \\ Q_k^{BS}(n), & k=K+1,\ldots,L \end{cases}$$

[0037]

수학식 8

$$S_k^{BS}(n)=A_k^{RS}(n)=\min(R_{BR}(n)1_{k=k^{BS}(n)},Q_k^{BS}(n))$$

[0038]

[0039] 또한, 중계국(120)에서도 max differential backlog 방식의 스케쥴링을 한다고 가정하면, 중계국(120)은 앞서 살펴본 수학식 5 및 6과 동일한 방식으로 스케쥴링을 수행한다.

[0040] max differential backlog 방식의 스케쥴링 기법은 수학식 7의 큐 상태와 같이, 각 사용자별로 기지국에 쌓여있는 패킷이 저장된 큐의 크기에서 중계국(120)에서의 큐의 크기를 뺀 값이 큰 사용자를 우선순위로 자원을 할당하는 방식이다. 따라서 백본망(backbone network)으로부터 도착하는 패킷의 양과 무선 채널 상태를 고려하여 stable하게 만들 수 있는 경우라면 이와 같은 max differential backlog 방식의 스케쥴링을 이용하여 시스템을 안정적으로 만들 수 있으며, 최적 전송률(throughput optimal)을 위한 스케쥴링 기법에 해당 될 수 있다.

[0041] 그러나, 상기 수학식 3 내지 8을 통해 살펴본 스케쥴링 기법은 기지국(110)에서 중계국(120)을 통하여 패킷이 전송되는 사용자(사용자 1, ..., 사용자 K)와 기지국(110)에서 직접 링크를 통하여 패킷이 전송되는 사용자(사용자 K+1, ..., 사용자 L)의 스케쥴링 메트릭이 서로 상이하므로, 직접링크를 통해 패킷이 전송되는 사용자와 비교하여 중계국(120)을 통해 패킷이 전송되는 사용자가 자원할당 측면에서 불리한 단점이 있다.

[0042] 이하에서는 직접링크를 통해 패킷이 전송되는 사용자와 중계국(120)을 통해 패킷이 전송되는 사용자 간의 공평성(fairness)을 높이고, 중계국(120)을 통해 패킷이 전송되는 사용자의 패킷 수신지연(delay) 성능을 향상시킬 수 있는 중계국(120)의 스케쥴링 방법을 설명한다.

[0043] 우선 기지국(110)에서는 앞서 살펴본, 수학식 3 및 4와 같은 방식으로 스케쥴링을 수행한다.

[0044] 중계국(120)에서는 기지국의 큐와 중계국의 큐의 합이 큰 사용자에게 우선적으로 자원을 할당하는 방식을 적용하여 하기 수학식 9 및 10과 같이 스케쥴링을 수행한다.

수학식 9

$$k^{RS}(n)=\arg\max_{k=1,\ldots,K}\gamma_k R_{Rk}(n)(Q_k^{BS}(n)+Q_k^{RS}(n))$$

[0045]

수학식 10

$$S_k^{RS}(n)=\min(R_{Rk}(n)1_{k=k^{RS}(n)},Q_k^{RS}(n))$$

[0046]

[0047] 수학식 9의 큐 상태를 살펴보면, 기지국의 큐와 중계국의 큐의 합을 가상 큐(Virtual Queue)라 할 때, 가상 큐가 가장 큰 사용자에게 우선적으로 자원이 할당됨을 알 수 있다. 상기 스케쥴링 방식은 마치 중계국(120)이 없는 셀룰러 시스템에서 기지국(110)의 큐를 가상 큐($Q_k^{BS}(n)+Q_k^{RS}(n)$)로 가정할 경우, 기지국의 큐에 쌓여있는 패킷에 대해서 스케쥴링을 하는 경우로 볼 수 있다. 상기 수학식 9 및 10의 스케쥴링 방식을 이하에서는 max total backlog 스케쥴링이라 한다.

[0048] 앞서 살펴본 수학식 7 및 8의 max differential backlog 스케쥴링의 경우는 기지국(110)에서 스케쥴링을 할 때, 중계국을 통한 사용자와 직접링크로 연결된 사용자간에 불공평한 스케쥴링이 될 수 있었지만, 수학식 9 및 10의 max total backlog 스케쥴링 방식은 기지국(110)에서 중계국(120)으로 연결된 사용자와 직접링크를 통한 사용자를 구분하여 스케쥴링 하지 않기 때문에 공평한 자원할당이 이루어질 수 있다.

[0049] 이하에서는 수학식 9 및 10과 같은 max total backlog 스케쥴링을 구현하기 위한 중계국의 스케쥴링 과정을 살펴본다.

[0050] 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 중계국의 스케쥴링 과정을 순차적으로 도시한 구성도이다.

[0051] 기지국(110)은 중계국을 통해서 링크가 형성된 각 사용자에게 전송할 데이터 발생량을 측정하고, 상기 각 사용자별 데이터 발생량에 대한 정보를 중계국(120)으로 전송한다(S201).

[0052] 상기 사용자별 데이터 발생량에 대한 정보는 본 발명의 일실시예에 따르면, 각 사용자에게 전달될 패킷의 평균 도착률(average arrival rate) $\tilde{A}_k^{BS}(n)$ 또는 각 사용자별 트래픽 발생률에 대한 정보이며, 기지국(110)은 사용자별 패킷의 평균 도착률 또는 트래픽 발생률을 측정하여 이를 주기적으로 또는 랜덤(random)하게 중계국(120)으로 전송할 수 있다.

[0053] 기지국(110)으로부터 사용자별 데이터 발생량에 대한 정보를 수신한 중계국(120)은 수신된 정보를 기반으로 사용자(사용자 k)에게 전송할 데이터가 저장된 기지국의 큐 크기($\tilde{Q}_k^{BS}(n)$)를 추정한다(S203).

[0054] 중계국(120)은 기지국(110)에 도착하는 패킷을 constant bit rate(CBR) 패킷으로 간주하고, 기지국의 가상 큐 크기 $\tilde{Q}_k^{BS}(n)$ 를 주기적으로 계산하여 소정 시간 단위로 추정 결과를 갱신한다.

[0055] n 번째 시간에 추정된 기지국의 가상 큐 크기를 $\tilde{Q}_k^{BS}(n)$ 라 하면, n+1 번째 시간에 추정된 기지국의 가상 큐 크기 $\tilde{Q}_k^{BS}(n+1)$ 는 다음 수학식 11과 같다.

수학식 11

[0056] $$\tilde{Q}_k^{BS}(n+1)=\max(\tilde{Q}_k^{BS}(n)-S_k^{BS}(n),0)+\tilde{A}_k^{RS}(n),\ k=1,2,...,K$$

[0057] 이후, 중계국(120)은 추정된 기지국 큐 크기 $\tilde{Q}_k^{BS}(n)$ 와 중계국(120)에서 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 중계국 큐 크기 $Q_k^{RS}(n)$ 를 합친 가상 큐(virtual queue) 크기를 결정한다(S205).

[0058] 상기 가상 큐는 기지국 큐와 중계국 큐를 하나의 가상 기지국의 큐로 가정한 것으로서, 사용자 k에게 전송할 전체 데이터가 저장된 큐에 해당되는 것으로 간주하는 의미에서 가상 큐로 지칭한다.

[0059] 가상 큐의 크기는 다음 수학식 12와 같이 결정된다.

수학식 12

[0060] $$\tilde{Q}_k^{BS}(n)+Q_k^{RS}(n)$$

[0061] 중계국(120)은 가상 큐 크기를 기반으로 자원할당을 위한 스케쥴링을 수행한다(S207). 상기 중계국(120)의 사용자 k에 대한 스케쥴링은 다음 수학식 13과 같이 이루어진다.

수학식 13

$$\gamma^{RS}(n)=\arg\max_{k=1,..,K}\gamma_k R_{Rk}(n)(\tilde{Q}_k^{BS}(n)+Q_k^{RS}(n))$$

[0062]

[0063] 이후, 중계국(120)은 스케쥴링 결과를 바탕으로 사용자의 자원할당 우선순위를 결정하고 발생된 데이터를 사용자에게 전달한다(S209).

[0064] 경우에 따라서는, 기지국(110)은 중계국(120)으로 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐 크기 $Q_k^{BS}(n)$ 정보를 주기적 또는 랜덤하게 전송할 수도 있다(S211).

[0065] 기지국(110)으로부터 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐 크기 $Q_k^{BS}(n)$ 정보를 수신한 중계국(120)은, 앞서 203 단계를 통해서 추정한 기지국 큐 크기 $\tilde{Q}_k^{BS}(n)$ 정보를 기지국으로부터 수신한 큐 크기 $Q_k^{BS}(n)$ 정보로 갱신한다(S215).

[0066] 이후 중계국의 스케쥴링 과정은 갱신된 기지국 큐 크기 정보를 바탕으로 수행된다(S217). 상기 중계국(120)의 사용자에 대한 스케쥴링은 다음 수학식 14와 같이 이루어진다.

수학식 14

$$\gamma^{RS}(n)=\arg\max_{k=1,..,K}\gamma_k R_{Rk}(n)(Q_k^{BS}(n)+Q_k^{RS}(n))$$

[0067]

[0068] 이후, 중계국(120)은 갱신된 기지국 큐 크기 정보를 바탕으로 수행된 스케쥴링 결과를 통해서 사용자의 자원할당 우선순위를 결정하고 발생된 데이터를 사용자에게 전달한다(S219).

[0069] 도 2에서는, 기지국(110)으로부터 전달되는 신호가 사용자에게 전송할 데이터 발생량에 대한 정보($\tilde{A}_k^{BS}(n)$) 또는 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐 크기 정보($Q_k^{BS}(n)$)가 될 수 있으며, 두 정보는 각각 독립적으로 전달되는 것으로 설명하고 있으나, 본 발명의 다른 실시예에 따르면 기지국(110)은 중계국(120)으로 $\tilde{A}_k^{BS}(n)$ 및 $Q_k^{BS}(n)$를 한꺼번에 전송할 수도 있다. 이하에서는 이에 대해서 도 3을 참조하여 상세히 설명한다.

[0070] 도 3은 본 발명의 제2 실시예에 따른 스케쥴링 과정을 순차적으로 도시한 구성도이며, 도 2와 달리 기지국(110)으로부터 중계국(120)으로 $\tilde{A}_k^{BS}(n)$ 및 $Q_k^{BS}(n)$ 정보가 주기 T_a 간격으로 전송되는 것을 나타낸 실시예이다.

[0071] 중계국(120)은 기지국(110)으로부터 사용자에게 전송할 데이터 발생량에 대한 정보를 주기적으로 수신하여 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐 크기 $\tilde{Q}_k^{BS}(n)$를 추정한다. 기지국 큐 크기의 추정은 앞서 도 2를 참조하여 설명한 바와 동일하다.

[0072] 또한, 기지국(110)은 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐 크기 $Q_k^{BS}(n)$ 정보를 주기 T_a 간격으로

중계국(120)으로 전송한다(S301).

[0073] 중계국(120)은 기지국(110)으로부터 수신된 기지국 큐 크기 $Q_k^{BS}(n)$ 정보를 주기적으로 수신하여 앞서 추정된 기지국 큐 크기 $\tilde{Q}_k^{BS}(n)$를 $Q_k^{BS}(n)$로갱신한다(S303).

[0074] 이후, 갱신된 기지국 큐 크기 정보와 중계국에서 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 큐 크기를 참조하여 사용자에게 전송할 전체 데이터가 저장된 가상 큐 크기를 구하고, 상기 구해진 가상 큐 크기를 기반으로 자원할당을 위한 스케쥴링을 수행한다(S305).

[0075] 이후, 스케쥴링 결과를 바탕으로 사용자에게 데이터를 전송한다(S307).

[0076] 도 3에서는 기지국으로부터 전달되는 정보가 주기 T_a 간격으로 수신되며, 따라서 중계국은 기지국이 송신하는 정보를 수신하는 주기 사이의 시간 동안은 기지국 큐 크기를 추정하여 가상 큐 크기를 갱신하는 과정을 수행한다(S309).

[0077] 상기 갱신되는 가상 큐 크기는 수학식 11에서 설명한 바와 같이, n 번째 시간의 기지국의 큐 크기를 $Q_k^{BS}(n)$라 하면, n+1 번째 시간에 추정되는 기지국의 가상 큐 크기 $\tilde{Q}_k^{BS}(n+1)$를 결정하고 이를 토대로 가상 큐 크기가 결정된다.

[0078] 중계국(120)은 n+1 번째 시간에 계산된 가상 큐 크기를 기반으로 스케쥴링을 수행하고(S311), 사용자에게 데이터를 전송한다(S313).

[0079] 이후, 다시 주기 T_a 간격으로 기지국(110)으로부터 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐 크기 $Q_k^{BS}(n)$ 정보를 수신하면(S315), 가상 큐의 크기를 상기 수신된 기지국 큐 크기 정보를 이용하여 갱신하고(S317), 스케쥴링 과정을 수행(S319)한 후, 사용자에게 데이터를 전송한다(S321).

[0080] 도 3을 통해서 살펴본 중계국의 스케쥴링 과정은 기지국(110)으로부터 전달되는 패킷 평균 도착률 또는 기지국 큐 크기를 주기적으로 수신하여 이를 토대로 가상 큐 크기를 결정하고 스케쥴링을 수행하였으나, 기지국(110)에서는 상기 정보를 비주기적으로 중계국으로 알려줄 수도 있다. 즉, 기지국(110)의 버퍼(buffer) 내의 큐 크기가 미리 정해진 기준에 도달하게 되는 것을 조건으로 기지국 큐 크기를 중계국으로 알려줄 수 있으며, 예를 들어 기지국(110)의 큐 크기가 일정 비율 이상으로 변화하거나 평균 도착률이 일정 비율 이상으로 변화하는 경우에 해당 정보를 중계국으로 전달하는 것도 가능하다. 이에 대해서는 도 4를 참조하여 상세히 설명한다.

[0081] 도 4는 본 발명의 제3 실시예에 따른 스케쥴링 과정을 순차적으로 도시한 구성도이다.

[0082] 기지국(110)은 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐(Queue) 크기가 미리 정해진 기준에 부합하는 경우 상기 큐 크기 정보를 중계국(120)으로 전송한다(S401).

[0083] 기지국은 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐 크기가 일정값 이상 또는 이하인 경우 큐 크기 정보를 전달할 수 있다.

[0084] 중계국(120)은 기지국(110)으로부터 수신된 큐 크기 정보와 중계국에서 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 큐 크기를 참고하여 사용자에게 전송할 전체 데이터가 저장된 가상 큐(virtual queue) 크기를 결정하거나 또는 이전 결정된 가상 큐 크기를 갱신한다(S403).

[0085] 상기와 같이 결정된 가상 큐 크기를 기반으로 중계국(120)은 자원할당을 위한 스케쥴링을 수행하고(S405), 상기 스케쥴링 결과를 바탕으로 사용자에게 데이터를 전송한다(S407).

[0086] 이후, 기지국(110)에서는 기지국의 큐 크기가 일정 비율 이상으로 변화하지 않거나 평균 도착률이 일정 비율 이상으로 변화하지 아니하여 별도의 정보를 중계국(120)으로 전송하지 않는다 하더라도, 중계국(120)은 다음 시간의 데이터 전송을 위하여 가상 큐 크기를 계산하고(S409), 갱신된 가상 큐 크기를 기반으로 스케쥴링을 수행하여(S411), 사용자에게 데이터를 전송한다(S413).

[0087] 만약, 기지국(110)의 큐 크기가 일정 비율 이상으로 변화하거나 평균 도착률이 일정 비율 이상으로 변화한 경우, 기지국(110)은 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐(Queue) 크기 정보를 중계국(120)으로 다시 전송한다(S415).

[0088] 이후 중계국(120)의 스케쥴링 동작 과정은 앞서 설명한 바와 동일하며, 이하 생략한다.

[0089] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 중계국의 스케쥴링 동작을 보다 간단하게 구현하기 위하여 기지국(110)에서 중계국의 스케쥴링 우선순위를 결정하여 해당 정보를 알려주는 것도 가능하다. 이에 대해서는 도 5를 참조하여 상세히 설명한다.

[0090] 도 5는 본 발명의 제4 실시예에 따른 스케쥴링 과정을 순차적으로 도시한 구성도이다.

[0091] 기지국(110)은 사용자에게 전송할 데이터량이 소정 기준을 초과하는 사용자의 인덱스(index) 정보를 중계국(120)으로 전송한다(S501).

[0092] 기지국(110)이 전송하는 사용자 인덱스 정보는, 기지국이 중계국을 통해서 전송하여야 할 패킷의 양을 바탕으로 현재 쌓여있는 패킷 양이 가장 큰 사용자들의 인덱스를 나타내거나, 또는 현재 기지국 큐에 쌓여있는 패킷 양을 참조하여 사용자별로 스케쥴링 우선순위를 나타낸 인덱스 정보가 될 수도 있다.

[0093] 경우에 따라서는 기지국(110)이 중계국(120)의 스케쥴링 우선순위를 결정하여 해당 우선순위를 전송할 수도 있다.

[0094] 중계국(120)은 기지국(110)으로부터 사용자 인덱스 정보를 수신하고(S503), 수신된 사용자 인덱스 정보와 중계국에서 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 중계국 큐 크기를 참고하여 사용자별 자원할당 우선순위를 결정하는 스케쥴링을 수행한다(S505).

[0095] 중계국(120)은 경우에 따라서 별도의 스케쥴링 알고리즘을 수행하지 아니하고 기지국이 전달한 우선순위 정보를 바탕으로 스케쥴링을 수행하는 것도 가능하다.

[0096] 이후, 중계국(120)은 스케쥴링 결과를 바탕으로 사용자에게 데이터를 전송한다(S507).

[0097] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 릴레이 통신 시스템의 스케쥴링 장치를 개략적으로 나타낸 블록도이다.

[0098] 상기 스케쥴링 장치는 수신기(601), 가상 큐 추정기(virtual Queue estimator; 605) 및 스케쥴러(607)를 포함한 제어기(603) 및 송신기(609)를 포함한다.

[0099] 수신기(601)는 기지국으로부터 사용자에게 전송할 데이터 발생량 및 상기 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐(Queue) 크기 정보를 수신한다.

[0100] 가상 큐 추정기(605)는 기지국으로부터 수신된 데이터 발생량을 기반으로 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 기지국 큐 크기를 추정하고, 추정된 기지국 큐 크기와 중계국에서 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 중계국 큐 크기를 참고하여 사용자에게 전송할 전체 데이터가 저장된 가상 큐(virtual queue) 크기를 결정한다.

[0101] 스케쥴러(607)는 가상 큐 추정기(605)를 통해서 결정된 가상 큐 크기를 기반으로 자원할당을 위한 스케쥴링을 수행한다.

[0102] 송신기(609)는 스케쥴러(605)의 스케쥴링 결과를 바탕으로 사용자에게 데이터를 전송한다.

[0103] 본 발명의 다른 실시예에 따르면 상기 제어기(603)의 구현 복잡도를 낮추기 위하여, 수신기(601)는 기지국으로부터 사용자에게 전송할 데이터량이 소정 기준을 초과하는 사용자의 인덱스(index) 정보를 수신하고, 스케쥴러(607)는 기지국으로부터 수신된 사용자 인덱스 정보와 중계국에서 사용자에게 전송할 데이터가 저장된 큐 크기를 참고하여 사용자별 자원할당 우선순위를 결정하는 것도 가능하다.

[0104] 도 7 및 도 8은 스케쥴링 방식에 따른 사용자의 delay violation 확률을 나타낸 성능 비교 결과이다.

[0105] 도 7은 모든 사용자가 중계국(120)에 연결되어 있을 때의 delay violation probability를 나타낸 것으로서, 도 7의 (a)는 max backlog scheduling을 적용한 경우이며, 도 7의 (b)는 max differential backlog scheduling을 적용한 경우이며, 도 7의 (c)는 본 발명에 따른 max total backlog scheduling을 적용한 경우이다.

[0106] 또한, 도 7에서는 5명의 사용자가 모두 중계국(120)을 통해서 기지국(110)과 연결이 되어 있을 때, 각 사용자별로 특정 지연 시간 (delay)을 초과할 확률을 나타낸 것이다. 즉, x축에서 눈금이 60 msec일 때, y축의 눈금이 0.01이라면, 패킷이 60 msec이상의 지연을 겪을 확률이 1%라는 의미이다. 또한, 도 7에서는 각 사용자의 패킷은

모두 300 kbps로 기지국에 도달하고, 기지국과 중계국 사이의 SNR(Signal to Noise Ratio)은 10 dB, 중계국과 각 사용자 사이의 SNR은 각각 2, 3, 4, 5, 6 dB라고 가정한다.

[0107] 도 7의 (a), (b) 및 (c)를 비교하면, 본 발명에서 제안하는 max total backlog 방식(c)은 기존 방식들인 (a) 및 (b) 에 비해서 지연 시간이 많이 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

[0108] 도 8에서는 3명의 사용자는 중계국을 통해서 기지국과 연결되고 2명의 사용자는 기지국으로 직접 연결되어 있을 때의 delay violation probability를 나타낸 것이다. 기지국과 직접 연결된 두 사용자의 SNR은 각각 6 및 7 dB이며, 기지국과 중계국 사이의 SNR은 9 dB이고, 중계국과 연결된 세 사용자의 SNR은 각각 2, 3 및 4 dB이다. 도 8의 (a)는 max backlog scheduling을 적용한 경우이며, 도 8의 (b)는 max differential backlog scheduling을 적용한 경우이며, 도 8의 (c)는 본 발명에서 제안하는 max total backlog scheduling 을 적용한 경우이다.

[0109] 각 방식 (a), (b) 및 (c)에서 기지국에 직접 연결된 사용자는 max backlog 와 max total backlog 의 경우 성능이 비슷하나, max differential backlog는 성능이 나쁜 것을 확인할 수 있다. 이는 max differential backlog 방식이 앞서 설명한 바와 같이 중계국을 통해서 기지국으로 연결된 사용자를 차별하기 때문에 발생한 결과이다. 또한, 중계국을 통해서 연결된 사용자는 max total backlog가 다른 두 방식에 비해서 성능이 좋아진 것을 확인할 수 있다.

[0110] 여기까지 설명된 본 발명에 따른 방법은 소프트웨어, 하드웨어, 또는 이들의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 본 발명에 따른 방법은 저장 매체(예를 들어, 단말 내부 메모리, 플래쉬 메모리, 하드 디스크, 기타 등등)에 저장될 수 있고, 프로세서(예를 들어, 단말 내부 마이크로 프로세서)에 의해서 실행될 수 있는 소프트웨어 프로그램 내에 코드들 또는 명령어들로 구현될 수 있다.

[0111] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시적으로 설명하였으나, 본 발명의 범위는 이와 같은 특정 실시 예에만 한정되는 것은 아니므로, 본 발명은 본 발명의 사상 및 특허청구범위에 기재된 범주 내에서 다양한 형태로 수정, 변경, 또는 개선될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0112] 도 1은 무선 릴레이 네트워크 환경에서의 기지국 및 중계국의 패킷 스케쥴링을 개념적으로 도시한 도면이다.

[0113] 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 스케쥴링 과정을 순차적으로 도시한 구성도이다.

[0114] 도 3은 본 발명의 제2 실시예에 따른 스케쥴링 과정을 순차적으로 도시한 구성도이다.

[0115] 도 4는 본 발명의 제3 실시예에 따른 스케쥴링 과정을 순차적으로 도시한 구성도이다.

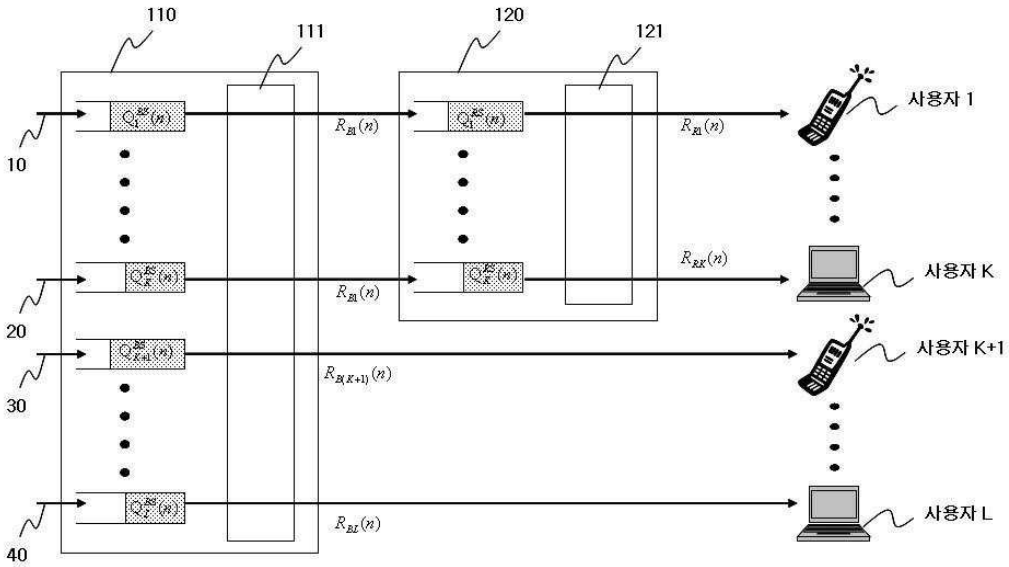
[0116] 도 5는 본 발명의 제4 실시예에 따른 스케쥴링 과정을 순차적으로 도시한 구성도이다.

[0117] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 릴레이 통신 시스템의 스케쥴링 장치를 개략적으로 나타낸 블록도이다.

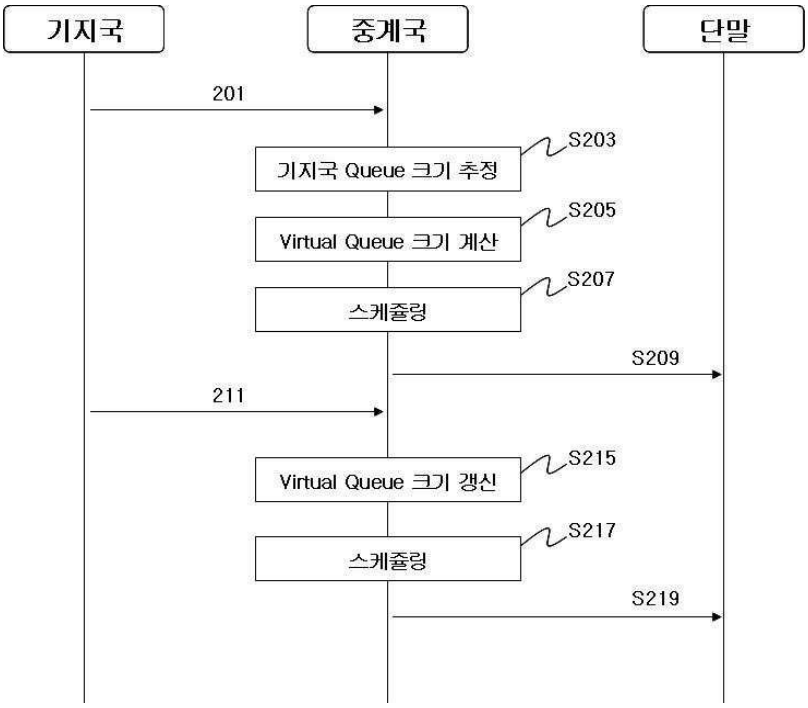
[0118] 도 7 및 도 8은 스케쥴링 방식에 따른 사용자의 delay violation 확률을 나타낸 성능 비교 결과이다.

도면

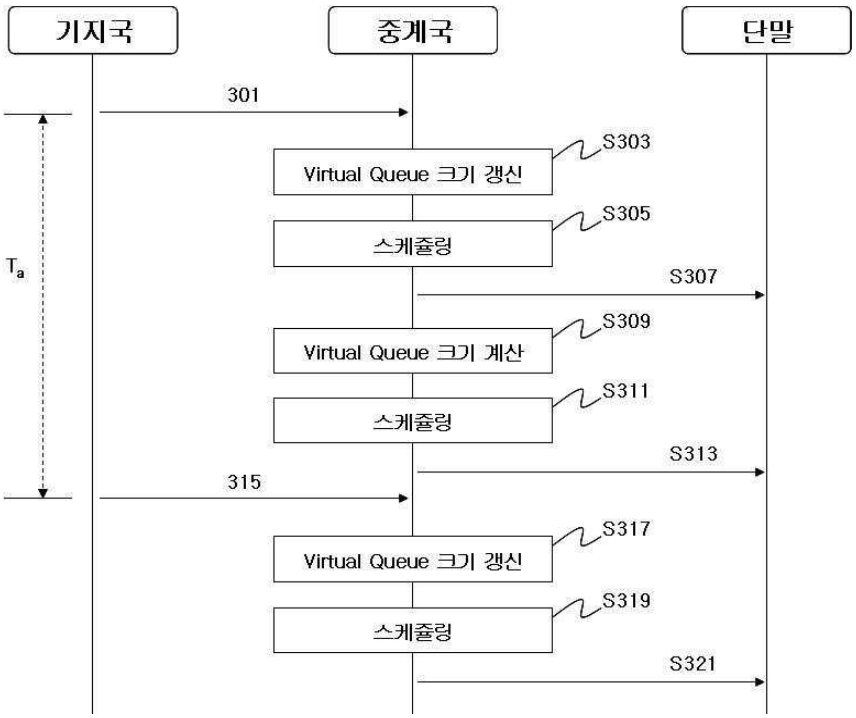
도면1


110
111
120
121
10
20
30
40
사용자 1
사용자 K
사용자 K+1
사용자 L

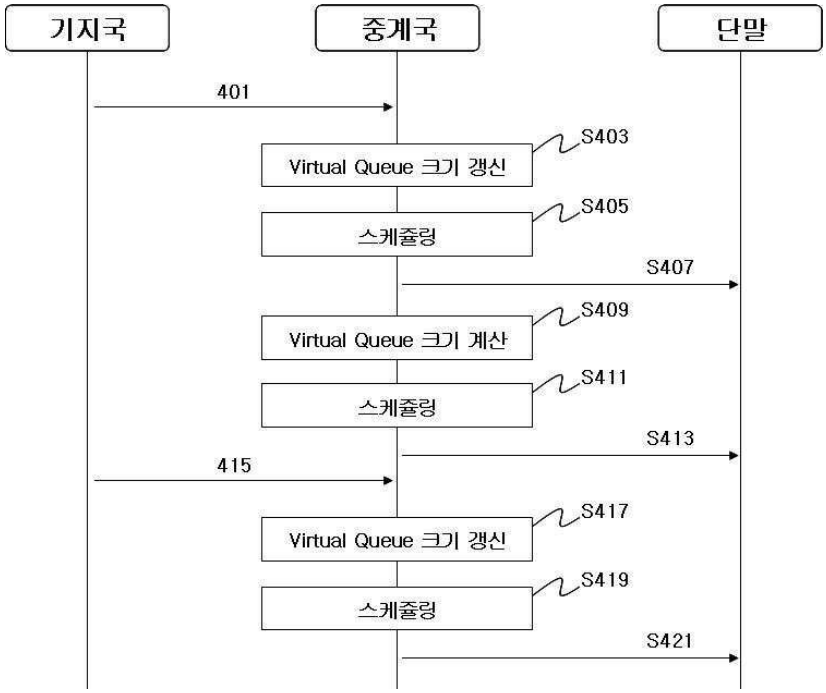
도면2


기지국
중계국
단말
201
S203
기지국 Queue 크기 추정
S205
Virtual Queue 크기 계산
S207
스케쥴링
S209
211
S215
Virtual Queue 크기 갱신
S217
스케쥴링
S219

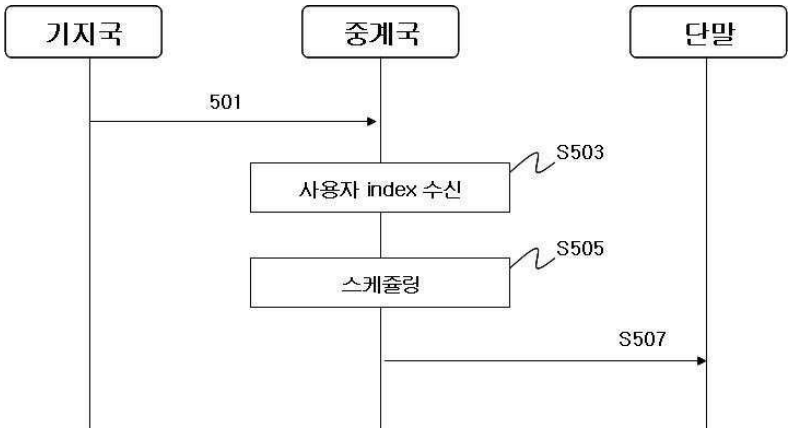
도면3


기지국
중계국
단말
301
S303
Virtual Queue 크기 갱신
S305
스케쥴링
Ta
S307
S309
Virtual Queue 크기 계산
S311
스케쥴링
S313
315
S317
Virtual Queue 크기 갱신
S319
스케쥴링
S321

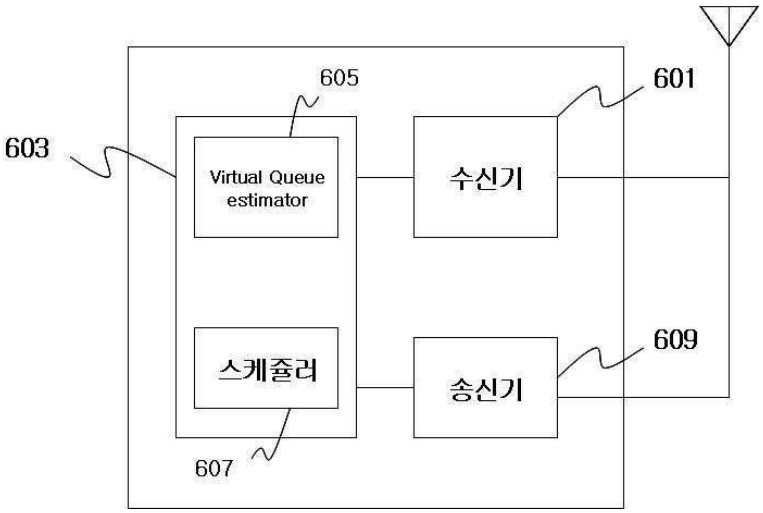
도면4


기지국
중계국
단말
401
S403
Virtual Queue 크기 갱신
S405
스케쥴링
S407
S409
Virtual Queue 크기 계산
S411
스케쥴링
S413
415
S417
Virtual Queue 크기 갱신
S419
스케쥴링
S421

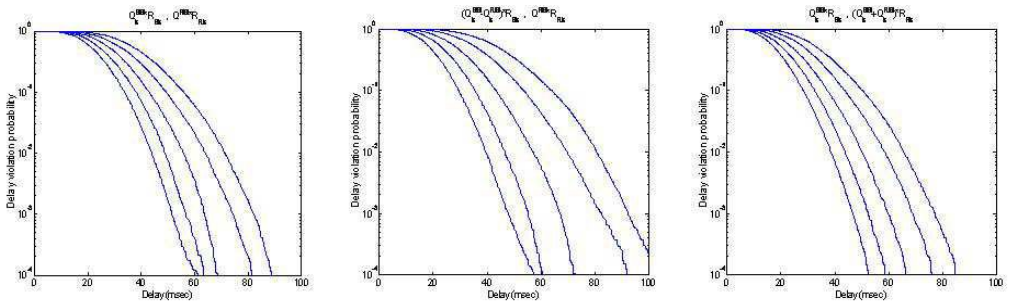
도면5


기지국
중계국
단말
501
S503
사용자 index 수신
S505
스케쥴링
S507

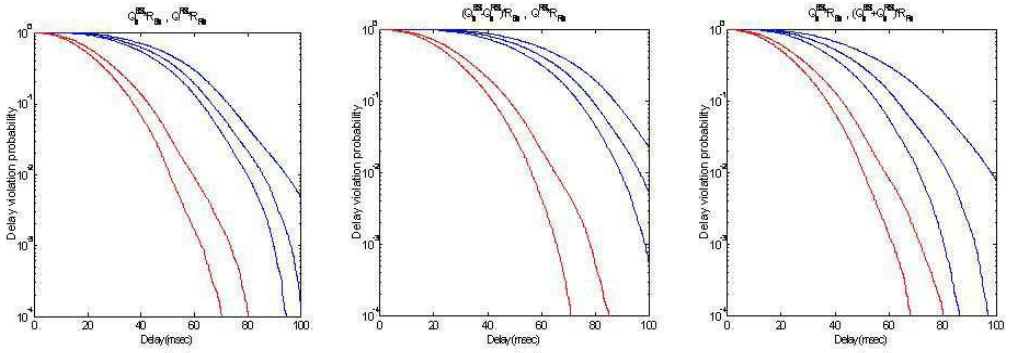
도면6


605
601
603
Virtual Queue estimator
수신기
609
스케쥴러
송신기
607

도면7


Delay violation probability
Delay(msec)
(a)
(b)
(c)

도면8



(a) (b) (c)