



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0090751
(43) 공개일자 2009년08월26일

(51) Int. Cl.

H04B 7/24 (2006.01) H04B 7/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0016185

(22) 출원일자 2008년02월22일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 매탄동 416

서강대학교산학협력단

서울 마포구 신수동 1-1 서강대학교

(72) 발명자

인정식

경기 용인시 수지구 풍덕천1동 동아아파트 110동 1101호

김선기

서울 송파구 오륜동 올림픽선수촌아파트 104동 804호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

윤동열

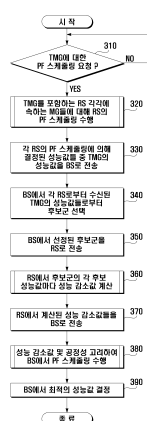
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 무선 통신시스템에서 스케줄링 방법 및 이를 위한 시스템

(57) 요약

본 발명은 무선 통신시스템에서의 스케줄링에 관한 것으로, 중계국들을 포함하는 무선 통신시스템에서 공정성을 고려한 스케줄링 방법 및 이를 위한 시스템에 관한 것이다. 본 발명의 비례 공정 스케줄링을 수행하는 무선 통신 시스템은 데이터 서비스를 요청하는 다수의 이동 단말들과, 기지국과 상기 다수의 이동 단말들 사이에 위치하며 중계 기능을 수행하며, 상기 요청하는 데이터 서비스에 따라 이동 단말들을 그룹핑한 그룹들의 성능값에 대한 스케줄링을 수행한 후 타겟 그룹(Target Group: TG)에 할당된 성능값(스케줄링 성능값)을 기지국으로 전송하고, 상기 기지국으로부터 성능값 후보(후보 성능값)들을 수신하면 상기 TG에 상기 스케줄링 성능값을 적용하는 경우와 상기 후보 성능값들 각각을 적용하는 경우의 차이값들을 계산하여 상기 기지국으로 전송하는 적어도 하나 이상의 중계국과, 상기 적어도 하나 이상의 중계국으로부터 수신된 성능값들로부터 임의로 성능값 후보들을 선택하여 상기 중계국으로 전송하고, 상기 차이값을 수신하면 상기 차이값들을 합산하여 최소가 되는 값을 상기 TG에 대한 성능값으로 결정하는 기지국을 포함한다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

최효현

서울 서초구 서초2동 1357-31 2층 201호

장주옥

서울 서초구 서초4동 롯데캐슬클래식 108-1701

현도원

경기 고양시 덕양구 행신1동 샘터마을 108동 1104호

특허청구의 범위

청구항 1

기지국 및 다수의 이동 단말들과 상기 기지국과 다수의 이동 단말들 사이에 위치하며 중계 기능을 수행하는 중계국들을 포함하는 다중 홉(Hop) 무선 통신시스템에서 스케줄링을 수행하는 방법에 있어서,

상기 중계국들에서 요청하는 데이터에 따라 이동 단말들을 그룹핑(Grouping)한 그룹들의 성능값(Throughput)에 대한 비례 공정 스케줄링을 수행하는 과정과,

상기 중계국들에서 스케줄링 수행 후 상기 데이터 그룹들 중에서 특정 데이터를 요청하는 타겟 그룹(Target Group: TG)에 할당된 성능값(스케줄링 성능값)을 상기 기지국으로 전송하는 과정과,

상기 기지국에서 상기 수신된 스케줄링 성능값들로부터 임의로 성능값 후보(후보 성능값)들을 선택하여 상기 중계국들로 전송하는 과정과,

상기 중계국들에서 상기 TG에 상기 스케줄링 성능값을 적용하는 경우와 상기 후보 성능값들 각각을 적용하는 경우의 차이값들을 계산하여 상기 기지국으로 전송하는 과정과,

상기 기지국에서 상기 차이값들을 합산하여 최소가 되는 값을 상기 TG에 대한 성능값으로 결정하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 스케줄링 수행 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 비례 공정 스케줄링을 수행하는 과정은,

상기 그룹들의 성능값의 곱을 수행하여 상기 성능값들의 곱(이전 성능 곱)이 최대가 되는 경우 각각의 성능값을 각 그룹에 할당된 스케줄링 성능값으로 결정하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 스케줄링 수행 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서, 상기 차이값을 계산하는 과정은,

상기 TG에 할당된 스케줄링 성능값으로 상기 후보 성능값들 중에서 하나의 값을 선택하고, 상기 선택된 후보 성능값과 상기 TG를 제외한 나머지 그룹들의 스케줄링 성능값의 곱(후보 성능 곱)을 수행하는 과정과,

상기 이전 성능 곱의 값에서 상기 후보 성능 곱의 값을 감산하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 스케줄링 수행 방법.

청구항 4

제 3항에 있어서, 상기 결정하는 과정은,

상기 차이값들을 합산한 후 합산값을 상기 차이값들에 대한 편차로 나누는 과정을 더 포함함을 특징으로 하는 스케줄링 수행 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서, 상기 차이값들에 대한 편차는 하기 <수학식 6>에 의해 계산됨을 특징으로 하는 스케줄링 수행 방법;

수학식 6

$$F_n = \frac{(\sum_{j=1}^n G_j)^2}{n \sum_{j=1}^n G_j^2}, \quad 0(\text{nonfair}) \leq F_n \leq 1(\text{fair})$$

, F_n 은 공정성 인덱스, n 은 TG를 포함하는 중계국의 수, G_j 는 j 번째 중계국에서 성능값들의 차이값.

청구항 6

제 5항에 있어서, 상기 차이값에 대한 편차는 상기 TG를 포함하는 중계국의 수만큼의 제공된 후 상기 합산값

을 나눔을 특징으로 하는 스케줄링 수행 방법.

청구항 7

제 4항에 있어서, 상기 데이터는 멀티캐스트 데이터(Multicast data)임을 특징으로 하는 스케줄링 수행 방법.

청구항 8

제 7항에 있어서, 상기 후보 성능값들은,

상기 중계국들로부터 수신된 스케줄링 성능값들 중에서 최소의 스케줄링 성능값과 최대의 스케줄링 성능값이 선택된 후 상기 최대 스케줄링 성능값과 최소 스케줄링 성능값 사이에서 임의의 간격을 가지는 값들을 특징으로 하는 스케줄링 수행 방법.

청구항 9

제 1항에 있어서, 상기 그룹들의 성능값은,

상기 그룹들 각각에 속하는 이동 단말들 중에서 가장 낮은 성능값을 요청하는 이동 단말의 성능값이 해당하는 그룹의 성능값임을 특징으로 하는 스케줄링 수행 방법.

청구항 10

스케줄링을 수행하는 무선 통신시스템에 있어서,

데이터 서비스를 요청하는 다수의 이동 단말들과,

기지국과 상기 다수의 이동 단말들 사이에 위치하며 중계 기능을 수행하며, 상기 요청하는 데이터 서비스에 따라 이동 단말들을 그룹핑한 그룹들의 성능값에 대한 스케줄링을 수행한 후 타겟 그룹(Target Group: TG)에 할당된 성능값(스케줄링 성능값)을 기지국으로 전송하고, 상기 기지국으로부터 성능값 후보(후보 성능값)들을 수신하면 상기 TG에 상기 스케줄링 성능값을 적용하는 경우와 상기 후보 성능값들 각각을 적용하는 경우의 차이값들을 계산하여 상기 기지국으로 전송하는 적어도 하나 이상의 중계국과,

상기 적어도 하나 이상의 중계국으로부터 수신된 성능값들로부터 임의로 성능값 후보들을 선택하여 상기 중계국으로 전송하고, 상기 차이값을 수신하면 상기 차이값들을 합산하여 최소가 되는 값을 상기 TG에 대한 성능값으로 결정하는 기지국을 포함함을 특징으로 하는 스케줄링 수행 시스템.

청구항 11

제 10항에 있어서, 상기 중계국은,

상기 그룹들의 성능값의 곱을 수행하여 상기 성능값들의 곱(이전 성능 곱)이 최대가 되는 경우 각각의 성능값을 각 그룹에 할당된 스케줄링 성능값으로 결정함을 특징으로 하는 스케줄링 수행 시스템.

청구항 12

제 11항에 있어서, 상기 중계국은,

상기 TG에 할당된 스케줄링 성능값으로 상기 후보 성능값들 중에서 하나의 값을 선택하고, 상기 선택된 후보 성능값과 상기 TG를 제외한 나머지 그룹들의 스케줄링 성능값의 곱(후보 성능 곱)을 수행한 후, 상기 이전 성능 곱의 값에서 상기 후보 성능 곱의 값을 감산하여 상기 차이값을 계산함을 특징으로 하는 스케줄링 수행 시스템.

청구항 13

제 12항에 있어서, 상기 기지국은,

상기 차이값들을 합산한 후 상기 합산값을 상기 차이값들에 대한 편차로 더 나눔을 특징으로 하는 스케줄링 수행 시스템.

청구항 14

제 13항에 있어서, 상기 기지국은,

하기 <수학식 7>에 의해 상기 차이값들에 대한 편차를 계산함을 특징으로 하는 스케줄링 수행 시스템;

수학식 7

$$F_n = \frac{(\sum_{j=1}^n G_j)^2}{n \sum_{j=1}^n G_j^2}, \quad 0(\text{non fair}) \leq F_n \leq 1(\text{fair})$$

, F_n 은 공정성 인덱스, n 은 TG를 포함하는 중계국의 수, G_j 는 j 번째 중계국에서 성능값들의 차이값.

청구항 15

제 14항에 있어서, 상기 기지국은,

상기 차이값들에 대한 편차를 상기 TG를 포함하는 중계국의 수만큼의 제곱근을 수행한 후 상기 차이값들의 합을 나눴을 특징으로 하는 스케줄링 수행 시스템.

청구항 16

제 13항에 있어서, 상기 데이터는 멀티캐스트 데이터(Multicast data)임을 특징으로 하는 스케줄링 수행 시스템.

청구항 17

제 16항에 있어서, 상기 기지국은,

상기 중계국들로부터 수신된 스케줄링 성능값들 중에서 최소의 스케줄링 성능값과 최대의 스케줄링 성능값을 선택한 후 상기 선택된 최대 스케줄링 성능값과 최소 스케줄링 성능값 사이에서 임의의 간격을 가지는 값들을 후보 성능값들로 선택함을 특징으로 하는 스케줄링 수행 시스템.

청구항 18

제 10항에 있어서, 상기 중계국은,

상기 그룹들 각각에 속하는 이동 단말들 중에서 가장 낮은 성능값을 요청하는 이동 단말의 성능값을 해당하는 그룹의 성능값으로 선택함을 특징으로 하는 스케줄링 수행 시스템.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

<1> 본 발명은 무선 통신시스템에서의 스케줄링에 관한 것으로, 중계국들을 포함하는 무선 통신시스템에서 공정성을 고려한 스케줄링 방법 및 이를 위한 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

<2> 1세대 통신 시스템으로부터 2대, 3대, 차세대 통신시스템으로 발전하면서 사용자에게 더 나은 통신서비스 및 다양한 사용자 편의 기능들을 제공하기 위하여 수많은 연구와 노력을 기울여왔다. 그러한 연구와 노력을 통해 통신시스템은 음성 통신의 단계를 넘어서서 이미지, 디지털 방송 기능 등 다양한 패킷 데이터를 처리하는 통신의 단계에 이르렀다. 또한, 제공되는 서비스들이 다양해지고 고급화됨에 따라 무선 통신 시스템의 사용자들 또한 급속도로 증가하였다. 이렇게 증가된 사용자들에게 높은 품질의 서비스를 제공하기 위하여 전체 시스템의 성능을 향상시키기 위한 다양한 방안들에 대한 연구가 계속되고 있는데, 그러한 방안들 중의 하나로 중계 기능을 하는 기지국을 이용하여 통신하는 것이다. 중계 기능은 기지국 등으로부터 전송되는 신호를 기존의 단일 홉(Hop) 방식으로 한번에 전송하는 대신에 다중 홉(Multi hop)으로 중간에서 하나 이상의 중계 기능의 기지국에 의해 전달되어 이동 단말에 성공적으로 도달될 수 있도록 하는 기능을 의미한다. 이러한 중계 기능을 하는 노드(Node) 또는 기지국을 중계국이라 한다. 이러한 중계국을 이용함으로써 특히 채널 상태가 좋지 못한 이동단말과 기지국이 통신하는 경우에 전체 성능을 향상시킬 수 있다. 이는 하나의 기지국과 다수의 이동 단말들로 구성된 무선

통신 시스템에서 기지국은 모든 이동 단말들에 대해 공정한 전송률을 유지해야 하는데 기지국으로부터 거리가 멀어서 좋지 못한 채널 상태를 갖는 이동 단말들에게 보다 많은 자원을 할당해주어야 하는 문제점을 중계국들을 기지국과 이동 단말 사이에 위치시켜서 기지국에서 분배되는 자원을 분산시킴으로써 해결할 수 있기 때문이다. 또한 중계국은 기지국으로부터 수신한 데이터를 하위 이동 단말들에게 전달해줌으로써, 기지국의 범위 내에 위치하지만 건물과 같은 장애물 또는 기지국으로부터의 거리에 따른 수신 전력의 저하 등으로 인해 상대적으로 좋지 못한 채널 상태를 갖는 이동 단말들의 통신 환경을 개선시킬 수 있다.

<3> 한편, 멀티캐스트(Multicast) 전송방식은 하나 이상의 송신자들이 특정한 하나 이상의 수신자들에게 동시에 데이터를 전송하는 방식으로 인터넷(Internet) 화상 회의 등에서 이용된다. 그룹 통신을 위하여 다수의 수신자들에게 동일한 데이터를 전송하고자하는 경우 다수의 수신자들 각각에게 따로 전송하는 유니캐스트(Unicast) 전송방식을 이용한다면 전송하고자 하는 데이터를 다수의 수신자에게 각각 여러 번 전송해야 하며, 이러한 동일한 데이터의 중복전송으로 인해 네트워크 효율이 저하된다. 또한 수신자 수가 증가한다면 이러한 문제점은 더 커지게 된다. 반면 멀티캐스트 전송이 지원되면 송신자는 여러 수신자에게 한 번에 데이터가 전송되므로 데이터의 중복전송으로 인한 네트워크의 자원의 낭비를 최소화할 수 있다.

<4> 기지국이 상술한 멀티캐스트 전송 방식으로 전송되는 데이터(이하, '멀티캐스트 데이터'라 칭함)를 다수의 이동 단말들에게 전송하고자 하는 경우 이동 단말들 각각의 통신 상황을 고려하지 않은 채 한번에 멀티캐스트 데이터를 전송해야 한다. 다시 말해서, 통신 환경이 좋은 곳에 있는 이동 단말은 기지국으로부터 적은 무선 자원을 이용하여 송신되는 데이터도 수신할 수 있는 반면에 통신 환경이 좋지 않은 곳에 있는 이동 단말은 기지국으로부터 적은 무선 자원을 이용하여 송신되는 데이터는 수신할 수 없다. 따라서, 기지국은 최소한의 무선 자원을 이용하여 멀티캐스트 데이터를 수신하는 이동 단말들이 멀티캐스트 데이터를 수신할 수 있도록 하기 위하여 스케줄링(Scheduling) 특히, 비례 공정(Proportional Fair: PF) 스케줄링을 하게 된다. 비례 공정(Proportional Fair: PF) 스케줄링(Scheduling)은 멀티캐스트 같은 다수의 사용자에게 데이터를 전송할 때에 전송률을 보장하는 것뿐만 아니라 데이터를 잘 받지 못하는 사용자에게도 원활한 통신이 이루어 질 수 있도록 이동 단말들 간의 공정성을 고려하는 스케줄링 방식이다. 인터넷 기술 개발 초기에는 데이터의 전송 성공, 즉 전송률이 주목적이었지만 최근에는 기술이 발전되고 서비스의 질을 높이기 위하여 누구나 공평하게 통신이 이루어지는 기술도 또한 중요하기 때문에 멀티캐스트 데이터 전송시 비례 공정 스케줄링을 사용하여 자원의 효율을 극대화하는 방법이 많이 사용되고 있다. 그런데 일대 다수, 다수 대 다수 전송에 있어 효율적인 멀티캐스트 전송과 PF 스케줄링을 중계국이 존재하는 통신 시스템에 적용하는 경우 문제가 발생한다. 왜냐하면 PF 스케줄링은 기본적으로 한 홉(a single hop) 기반으로 하나의 기지국이 다수의 사용자(혹은 멀티캐스트 그룹)에 데이터를 전송하는 경우 높은 전송률과 공정성을 보장할 수 있으므로 한 홉 환경에서 최적화 된 스케줄링 방식인데, 기지국에서 데이터를 전송할 때 중계국을 거치게 되는 중계국들을 포함하는 다중 홉 기반에서는 여러 중계국에 동일한 멀티캐스트 그룹이 분산되어 있으면 자원의 할당에 있어서 기존 비례 공정 스케줄링의 적용이 힘들기 때문이다. 따라서, 다중 홉 기반의 통신 시스템에서도 비례 공정 스케줄링을 적용할 수 있는 방안이 요구된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<5> 따라서 본 발명은 중계국을 포함하는 무선 통신시스템에서 스케줄링 방법 및 이를 위한 시스템을 제공한다.

과제 해결수단

<6> 본 발명의 바람직한 실시예의 일 견지에 따르면, 본 발명의 기지국 및 다수의 이동 단말들과 상기 기지국과 다수의 이동 단말들 사이에 위치하며 중계 기능을 수행하는 중계국들을 포함하는 다중 홉(Hop) 무선 통신시스템에서 비례 공정 스케줄링을 수행하는 방법은 상기 중계국들에서 요청하는 데이터에 따라 이동 단말들을 그룹핑(Grouping)한 그룹들의 성능값(Throughput)에 대한 비례 공정 스케줄링을 수행하는 과정과, 상기 중계국들에서 스케줄링 수행 후 상기 데이터 그룹들 중에서 특정 데이터를 요청하는 타겟 그룹(Target Group: TG)에 할당된 성능값(스케줄링 성능값)을 상기 기지국으로 전송하는 과정과, 상기 기지국에서 상기 수신된 스케줄링 성능값들로부터 임의로 성능값 후보(후보 성능값)들을 선택하여 상기 중계국들로 전송하는 과정과, 상기 중계국들에서 상기 TG에 상기 스케줄링 성능값을 적용하는 경우와 상기 후보 성능값들 각각을 적용하는 경우의 차이값들을 계산하여 상기 기지국으로 전송하는 과정과, 상기 기지국에서 상기 차이값들을 합산하여 최소가 되는 값을 상기 TG에 대한 성능값으로 결정하는 과정을 포함한다.

<7> 본 발명의 바람직한 실시예의 다른 견지에 따르면, 본 발명의 비례 공정 스케줄링을 수행하는 무선 통신시스템은 데이터 서비스를 요청하는 다수의 이동 단말들과, 기지국과 상기 다수의 이동 단말들 사이에 위치하며 중계 기능을 수행하며, 상기 요청하는 데이터 서비스에 따라 이동 단말들을 그룹핑한 그룹들의 성능값에 대한 스케줄링을 수행한 후 타겟 그룹(Target Group: TG)에 할당된 성능값(스케줄링 성능값)을 기지국으로 전송하고, 상기 기지국으로부터 성능값 후보(후보 성능값)들을 수신하면 상기 TG에 상기 스케줄링 성능값을 적용하는 경우와 상기 후보 성능값들 각각을 적용하는 경우의 차이값들을 계산하여 상기 기지국으로 전송하는 적어도 하나 이상의 중계국과, 상기 적어도 하나 이상의 중계국으로부터 수신된 성능값들로부터 임의로 성능값 후보들을 선택하여 상기 중계국으로 전송하고, 상기 차이값을 수신하면 상기 차이값들을 합산하여 최소가 되는 값을 상기 TG에 대한 성능값으로 결정하는 기지국을 포함한다.

<8> 전술한 바와 같은 내용들은 당해 분야 통상의 지식을 가진 자가 후술되는 본 발명의 구체적인 설명으로부터 보다 잘 이해할 수 있도록 하기 위하여 본 발명의 특징들 및 기술적인 장점들을 다소 넓게 약술한 것이다. 이러한 특징들 및 장점들 이외에도 본 발명의 청구범위의 주제를 형성하는 본 발명의 추가적인 특징들 및 장점들이 후술되는 본 발명의 구체적인 설명으로부터 잘 이해될 것이다.

효 과

<9> 본 발명은 다중 홉 구조를 가지는 시스템에서 PF 스케줄링을 수행하는 경우 RS들간의 공정성도 고려하면서 최적의 시스템 성능을 갖도록 자원을 분배하는 스케줄링을 수행할 수 있는 이점이 있다. 기존의 비례 공정 스케줄링 알고리즘은 기지국과 이동 단말간의 한 홉 기반의 시스템에 적용되는 알고리즘이기 때문에 기지국에서 데이터를 전송할 때 중계국을 거치게 되는 다중 홉 기반의 시스템에서 여러 중계국에 동일한 멀티캐스트 그룹이 분산되어 있으면 자원의 할당하는데 있어 적용하기 힘들다. 따라서, 본 발명은 다중 홉 네트워크(시스템)를 고려하여 개발된 멀티캐스트 비례공정 스케줄링을 위한 알고리즘이기 때문에 다중 홉 시스템에서의 스케줄링시 효율적으로 적용될 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<10> 이하 본 발명의 바람직한 실시예의 상세한 설명이 첨부된 도면들을 참조하여 설명될 것이다. 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제를 달성하기 위하여 후술되는 발명의 개시된 개념 및 구체적인 실시예가 변경 또는 변형되어 사용될 수도 있다는 사실을 잘 인식할 것이다. 또한 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 개시하는 개념 및 구조와 균등한 개념들 및 구조들이 본 발명의 가장 넓은 형태의 사상 및 범위로부터 벗어나지 않는다는 사실을 잘 인식할 것이다. 도면들 중 참조번호들 및 동일한 구성 요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 참조번호들 및 부호들로 나타내고 있음에 유의해야 한다. 하기에서 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

<11> 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 다중 홉 무선 통신시스템 구조를 도시하는 도면이다.

<12> 도 1을 참조하면, 다중 홉 기반의 무선 통신시스템이 기지국(Base Station, 이하 'BS'라 칭함)(100), 다수의 중계국(Relay Station, 이하 'RS'라 칭함)들(110, 120, 및 130), 및 하나 이상의 이동 단말(Mobile Station, 이하 'MS'라 칭함)들(112, 113, 및 122 내지 124)로 구성된 멀티미디어 그룹(Multicast Group, 이하 'MG'라 칭함)들(111, 115, 116, 121, 125, 126, 131, 및 132)로 구성될 수 있다. 여기에서 BS(100)에 속하는 중계국들은 RS1(110) 내지 RSn(130)이 있다고 가정한다. 또한, 각각의 RS에는 각 RS에 속하는 MS들이 있을 수 있는데, 이러한 MS들을 각 MS가 요청하는 멀티캐스트 데이터 서비스에 따라 분류하여 MG로 그룹핑(Grouping)한다. 즉, MG들(111, 115, 116, 121, 125, 126, 131, 및 132)은 각각의 RS1 내지 RSn(110, 120, 130)에 속하는 이동 단말들 중에서 요청하는 멀티캐스트 데이터의 종류에 따라 분류한 이동 단말들의 그룹을 의미한다. 예를 들어, RS 1(110)에 속하는 MS들 중에서 1번 멀티캐스트 데이터를 요청하는 MS들(112 및 113)은 MG 1로 그룹핑되고, RS J(120)에 속하는 MS들 중에서 1번 멀티캐스트 데이터를 요청하는 MS들(122 내지 124)이 MG J(121)로 그룹핑된다. 이렇게 분류된 상태에서 BS(100)가 1번 멀티캐스트 데이터를 멀티캐스트하는 경우 RS 1(110) 및 RS J(120)를 통하여 MG 1(111) 및 MG J(121)가 각각 1번 멀티캐스트 데이터를 수신한다. 여기에서 만약 데이터가 멀티캐스트가 아닌 유니캐스트 데이터라면 유니캐스트 데이터를 요청하는 MS는 하나의 MS가 독립적인 MG로 분류된 후 멀티캐스트 데이터의 경우와 같은 방식으로 스케줄링이 수행되어 데이터 서비스를 받을 수 있다. 이런 식으로 무선 통신시스템에서 각 멀티캐스트 데이터에 대하여 각각의 RS에 속하는 MS들을 각각의 멀티캐스트 그룹으로 분류하여 MS들이 멀티캐스트 데이터 서비스 혹은 유니캐스트 데이터 서비스를 수신할 수 있도록 한다. 이

하에서는 설명의 편의상 멀티캐스트 데이터에 한정하여 설명한다.

- <13> 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 다중 홉 무선 통신시스템에서 공정성을 고려한 스케줄링을 수행하는 과정을 도시하는 도면이다.
- <14> 도 2는 설명의 편의상 BS(100)에 속하는 RS들이 RS1(110) 및 RS2(120)만이 있다고 가정한다. 일반적으로 통신 시스템에서 스케줄링(scheduling)은 다양한 의미로 사용될 수 있는데 주로 제한된 자원(resources)을 효율적으로 분배하는 문제에 관한 것이다. 예를 들어, 상향링크(uplink)의 경우 스케줄링이라 함은 어떤 이동단말이 어떤 채널 자원(코드, 주파수, 시간, 전력, 데이터 전송율 등)을 이용하여 언제 데이터를 전송할지를 결정하는 문제이고, 하향링크(downlink)의 경우에 스케줄링은 네트워크측 즉, 기지국이 특정 서비스를 수신하고 있는 다수의 단말들 중에서 특정 시간에 어느 이동단말에게 어느 정도의 서비스 품질(Quality of Service, 이하 'QoS'로 칭함)로 서비스를 제공할지를 결정하는 문제이다. 본 발명은 구체적으로는 하향링크 스케줄링에 관련되지만 이하 스케줄링이라고 표기한다. 이러한 스케줄링에 공정성을 더 고려하여 각 단말에 최대한 공정하게 자원을 할당 즉, 공정한 스케줄링을 위해 사용되는 방법이 PF 스케줄링 알고리즘이다.
- <15> 설명에 앞서서 이하 본 발명에서는 BS 및 RS간 혹은 RS 및 RS간의 링크 대역폭 등 네트워크 용량이 충분하고, BS로부터 모든 MS들까지의 경로는 미리 정해진다고 가정한다.
- <16> RS1(110)은 MS들(112, 113)로 구성된 TMG 1(111)과 다른 종류의 멀티캐스트 데이터들을 요청하는 MS들의 그룹들인 MG2(115) 및 MG3(116)을 가진다. RS2(120)는 MS들(122 내지 124)로 구성된 TMG 2(121)와 다른 종류의 멀티캐스트 데이터들을 요청하는 MS들의 그룹들인 MG4(125) 및 MG5(126)를 가진다. 이렇게 구성된 다중 홉 무선 통신시스템에서 TMG들에 데이터를 전송하기 위하여 PF 스케줄링을 하는 과정을 도 3을 참조하여 자세하게 설명한다.
- <17> 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 다중 홉 무선 통신시스템에서 전체적인 PF 스케줄링을 수행하는 과정을 도시하는 흐름도이다. PF 스케줄링을 수행하는 과정을 설명하는데 있어서 설명의 편의를 위하여 도 2의 무선 통신시스템의 경우를 예로 들어 설명한다.
- <18> 도 3을 참조하면, 도 2의 RS1(110) 및 RS2(120)는 310 단계에서 TMG에 대한 PF 스케줄링 요청이 있는지 확인한다. PF 스케줄링 요청이 있는 경우 RS1(110) 및 RS2(120)는 320 단계로 진행하여 TMG를 포함하는 RS들 각각에 속하는 MG들에 대한 RS에서의 PF 스케줄링을 수행한다. 도 2에서는 RS1(110) 및 RS2(120)가 모두 TMG를 가지는 것으로 도시되고 있으나, 무선 통신시스템에는 TMG를 포함하지 않는 RS들이 존재할 수 있는데 이런 경우 TMG를 포함하는 RS들만이 PF 스케줄링을 수행한다. RS에서 PF 스케줄링을 수행하는 과정에 대해 도 4를 참조하여 자세하게 설명한다.
- <19> 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 RS에서의 PF 스케줄링을 수행하는 과정을 도시하는 흐름도이다. 도 4의 과정은 도 2의 RS1(110) 및 RS2(120)에서 각각 수행되나 설명의 편의를 위하여 RS1(110)만을 예로 들어 설명한다.
- <20> 도 4를 참조하면, RS1(110)은 410 단계에서 RS1(110)에 속하는 MS들로부터 요구 전송율 등 채널 품질 정보를 수신한다. RS1(110)은 420 단계에서 MG별로 각 MG에서 가장 낮은 성능값(Throughput)을 갖는 MS를 대표 노드(Node)로 선택한다. 430 단계에서 RS1(110)은 선택된 대표 노드의 성능값을 기반으로 MG들에 대해 PF 스케줄링을 수행한다. 이때 PF 스케줄링을 수행하여 성능값을 결정하는 방법들에는 다양한 방법들이 있을 수 있으나, 그 중에서 예를 들어 하기 <수학식 1>에 의해 결정되는 것으로 설명한다.

수학식 1

$$P_{oldj} = \max \left(\prod_{all i} R_i \right) \quad R_i : i\text{번째 MG의 성능값}, j: RS \text{ 번호}$$

- <22> 상기 <수학식 1>에서 $R_i = \min(r_{i,k})$ 로써 $r_{i,k}$ 는 i번째 MG에 속한 k번째 MG의 성능값이다. P_{oldj} 는 j번째 RS에 속하는 모든 MG들의 성공값의 곱 중에서 최대가 되는 값이다. MG들의 성능값의 곱이 최대가 되는 경우가 MG들 각각에 성능값이 최대한 공정하게 할당된 경우이다. 예를 들어, MG1, MG2, MG3, MG4에 각각 성능값 2, 3, 5,

10이 할당된 경우와 MG1, MG2, MG3, MG4에 각각 성능값 5, 5, 5, 5가 할당된 경우가 있다고 가정하면 MG들의 성능값의 합은 동일하지만, 곱은 후자의 경우가 전자의 경우보다 크다. 이렇게 후자의 경우처럼 곱한 값이 크면 자원이 고르게 분포된 경우이다. 440 단계에서 RS1(110)은 P_{old} 값 및 각 MG에 대한 성능값을 결정한다. 상술한 예에서 후자의 경우, 즉 625를 P_{old} 값으로 선택하고, 625인 때의 성능값인 5가 MG들 각각에 할당된 성능값이 된다.

<23> 다시 도 3으로 돌아가서, 330 단계에서 RS1(110) 및 RS2(120) 각각에서 수행한 PF 스케줄링에 의해 결정된 성능값들 중에서 TMG의 성능값을 BS(100)로 전송한다. 이는 PF 스케줄링이 멀티캐스트 데이터마다 각각 수행되기 때문이다. 다시 말해서, 특정 멀티캐스트 데이터 그룹을 TMG로 선택하여 PF 스케줄링을 수행하여 멀티캐스트 데이터를 전송할 성능값을 결정한 후 다른 멀티캐스트 데이터 그룹을 TMG로 선택하여 PF 스케줄링을 수행하여 성능값을 결정하는 등 멀티캐스트 그룹들에 대해 순차적으로 스케줄링을 수행한다. 340 단계에서 RS1(110) 및 RS2(120) 각각으로부터 TMG의 성능값을 수신한 BS(100)는 상기 TMG의 성능값들의 범위에서 후보군을 선택한다. 이때 후보군은 수신된 TMG 성능값들의 최저 성능값과 최고 성능값 사이에서 BS(100)에 의해 임의의 간격(Interval)을 가지도록 선정된 값들의 그룹(Group)을 의미한다. 350 단계에서 BS(100)은 TMG에 대해 선정된 후보군을 RS1(110) 및 RS2(120)로 전송한다. 360 단계에서 후보군을 수신한 RS1(110) 및 RS2(120) 각각은 후보군의 각 후보 성능값마다 성능 감소값(G)을 계산한다. 성능 감소값을 계산하는 과정에 대해 도 5를 참조하여 자세히 설명한다.

<24> 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 RS에서 성능 감소값을 계산하는 과정을 도시하는 흐름도이다. 도 5의 과정은 도 2의 RS1(110) 및 RS2(120)에서 각각 수행되나 설명의 편의를 위하여 RS1(110)만을 예로 들어 설명한다.

<25> 도 5를 참조하면, RS1(110)은 510 단계에서 수신된 후보군중에서 하나의 후보 성능값을 선택한다. 520 단계에서 RS1(110)은 선택된 후보 성능값을 하기 <수학식 2>에 대입하여 RS1(110)에 속하는 MG들에 대하여 성능값의 최대 곱(P_{new})값을 계산한다.

수학식 2

$$P_{new_j} = \max \left(T \cdot \prod_{i^*} R_{i^*} \right) \quad T: \text{후보군 중 하나의 후보 성능값이며} \quad \min(R_{TMG^*j} \text{ for all } j) \leq T \leq \max(R_{TMG^*j} \text{ for all } j) \quad R_{TMG^*}: \text{TMG를}$$

제외한 MG의 성능값, R_{i^*} : TMG를 제외한 MG의 성능값, i^* : i번째 MG를 제외한 MG 번호

<27> RS1(110)은 상기 <수학식 2>에 의해 BS(100)로부터 수신된 후보군 중의 하나의 성능 후보값과 TMG 이외의 MG들의 성능값의 최대 곱(P_{new})을 계산한다. <수학식 1>에 의해 RS1(110)은 RS1(110)에 속하는 MG들에 대한 최적의 성능값들을 계산하였으나, BS(100)에서 다른 RS들과 함께 스케줄링함으로써 조정된 성능값인 후보군을 수신한 것이다. 따라서 RS1(110)은 조정된 성능값인 후보 성능값들 중에서 다시 최적의 성능값을 획득하기 위하여 상기 <수학식 2>에 의한 성능값들의 곱의 최대값(P_{new})을 계산한다. 상기 <수학식 2>에 의한 성능값들의 곱의 최대값(P_{new})은 상기 <수학식 1>에서 수행되는 방식과 유사하게 수행된다.

<28> 530 단계에서 RS1(110)은 계산된 성능값들의 곱의 최대값(P_{new})과 이전 PF 스케줄링에 의해 할당된 성능값들의 곱의 최대값(P_{old})과의 차이 즉, 성능 감소값(G_j)을 하기 <수학식 3>에 의해 계산한다.

수학식 3

$$G_j(T) = P_{old_j} - P_{new_j}(T) \geq 0, \quad j: \text{RS 번호}$$

<30> 상기 <수학식 3>에 의해 RS1(110)은 이전 PF 스케줄링에 의해 할당된 성능값들의 곱의 최대값(P_{old})으로부터 후보 성능값(T)을 대입한 성능값들의 곱의 최대값(P_{new1})을 감산함으로써 선택된 후보 성능값(T)에 대한 성능 감소값($G_j(T)$)을 계산한다. 여기에서 $G_j(T)$ 은 후보 성능값(T)에 대한 j번째 RS의 성능 감소값이다. 이때 성능 감소값이 작을수록 최적화된 성능에 가깝다. 540 단계에서 RS1(110)은 후보군의 모든 후보 성능값(T)들에 대해 성능 감소값을 획득하였는지 확인한다. 후보군의 모든 후보 성능값(T)들에 대해 성능 감소값 계산을 수행한 경우

RS1(110)은 성능 감소값 계산을 종료하고, 그렇지 않으면 510 단계로 되돌아가서 후보군 중에서 상기 선택된 후보 성능값 이외의 다른 후보 성능값을 선택한다. 이렇게 함으로써 후보군의 모든 후보 성능값들에 대해 성능 감소값을 계산한다.

<31> 다시 도 3으로 돌아가서, 370 단계에서 RS1(110) 및 RS2(120)는 계산된 성능 감소값들(G(T))을 BS(100)로 전송한다. 380 단계에서 BS(100)는 RS1(110) 및 RS2(120)로부터 수신된 성능 감소값들 및 공정성(Fairness)를 고려하여 PF 스케줄링을 수행한다. 성능 감소값들 및 공정성(Fairness)을 고려하여 BS(100)에서 PF 스케줄링을 수행하는 과정에 대해 도 6을 참조하여 자세하게 설명한다.

<32> 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 성능 감소값들 및 공정성을 고려하여 BS에서 PF 스케줄링을 수행하는 과정을 도시하는 흐름도이다.

<33> 도 6을 참조하면, 610 단계에서 BS(100)는 RS1(110) 및 RS2(120) 각각으로부터 수신된 성능 감소값들을 후보 성능값들에 따라 합산하여 합산값을 계산한다. 여기에서 계산된 합산값이 작은 값일수록 다중 홉 멀티캐스트 시스템의 성능은 향상됨을 의미한다. 따라서 BS(100)은 TMG에 대한 성능값으로 합산값들 중에서 합산값이 가장 작은 값을 선택할 수 있다. 그런데 상기 최소의 합산값은 각 RS에서의 MG들간에는 공정성이 고려된 값일지라도 RS들간의 성능 감소량에 대한 공정성이 고려된 값이라 할 수 없다. 따라서 RS들간의 공정성을 고려하기 위하여 공정성 인덱스(Fairness Index)를 사용한다. 620 단계에서 BS(100)는 각 후보 성능값에 대해 하기 <수학식 4>에 의해 공정성 인덱스(F_n)를 계산한다.

수학식 4

$$F_n = \frac{(\sum_{j=1}^n G_j)^2}{n \sum_{j=1}^n G_j^2}, \quad 0(\text{nonfair}) \leq F_n \leq 1(\text{fair})$$

<34> , n은 TMG를 포함하는 RS의 수, G_j는 j번째 RS의 성능 감소값

<35>

<36> BS(100)는 각 후보 성능값들에 대해 성능 감소값이 분산되어 있는 정도 즉, 편차를 상기 <수학식 4>와 같이 계산해서 RS간의 공정성을 고려한다. 계산된 공정성 인덱스(F_n) 값이 클수록 공정함을 나타낸다. 그런데 본 발명은 PF 스케줄링시 RS들간의 공정성도 고려하기 위하여 공정성 인덱스를 이용하지만 무선 통신시스템의 전체적인 성능을 높이기 위해서는 공정성보다는 성능 감소값에 더 많은 비중을 두어 고려해야 한다. 따라서, 공정성 인덱스의 영향을 줄이기 위하여 상기 공정성 인덱스를 그대로 이용하지 않고 공정성 인덱스의 n제곱근을 이용한다. BS(100)는 630 단계에서 성능 감소값을 최소화하면서 공정성이 고려된 결과값들 즉, 최종 성능값(FT)을 하기 <수학식 5>에 의해 계산한다.

수학식 5

$$FT = \min(\frac{\sum_{j=1}^n G_j}{n\sqrt{F_n}})$$

<37> , n은 TMG를 포함하는 RS의 수, F_n는 공정성 인덱스, G_j는 j번째 RS의 성능 감소값

<38> 640 단계에서 BS(100)는 상기 <수학식 5>에 의해 계산된 결과값들 중에서 최소값을 최적의 성능값으로

선택한다. $n\sqrt{F_n}$ 의 값이 클수록 공정함을 의미하므로 FT값이 작을수록 RS간 공정성을 보장하면서 통신 시스템의 성능을 높일 수 있기 때문이다. 최적의 성능값을 선택하는 예를 설명하기 위하여 하기 <표 1>을 예로 든다. 하기 <표 1>은 도 2와 같은 구조의 무선 통신시스템에서 후보군들에 대해 계산된 성능 감소값, 공정성 인덱스, 결과값들의 예라고 가정한다.

표 1

	후보 1	후보 2	후보 3	후보 4	후보 5	후보 6	후보 7	후보 8	후보 9	후보 10
G1	10	10	11	10	15	15	16	16	18	15
G2	1	5	8	10	1	5	1	4	1	15
G1+G2	11	15	19	20	16	30	17	20	19	30
Fn	0.60	0.90	0.98	1.00	0.57	0.80	0.56	0.74	0.56	1.00
$\sqrt[n]{Fn}$	0.77	0.95	0.99	1.00	0.75	0.89	0.75	0.86	0.75	1.00
FT	14.21	15.81	19.24	20.00	21.26	22.36	22.67	23.32	25.50	30.00

<39> 상기 <표 1>은 후보 성능값으로써 후보 1 내지 후보 10으로 구성된 후보군에 대하여 계산된 최적의 성능값을 결정하기 위한 값들을 표시한다. 'G1'의 값들은 도 2의 RS1(110)에서 <수학식 1>, <수학식 2>, <수학식 3>에 의해 후보군 즉, 후보 1 내지 후보 10에 대하여 계산된 성능 감소값들이다. 이와 유사하게 'G2'의 값들은 도 2의 RS2(120)에서 <수학식 1>, <수학식 2>, <수학식 3>에 의해 후보군 즉, 후보 1 내지 후보 10에 대하여 계산된 성능

감소값들이다. 'G1+G2'는 $\sum_{j=1}^n G_j$ 에서 n이 2인 경우의 성능 감소값들의 합이다. 따라서 최소의 합산값을 가지는 '후보 1'이 RS간에 공정성을 고려되지 않은 상태에서 시스템 성능이 최대화되는 경우이다.

<41> RS간의 공정성을 고려하기 위하여 공정성 인덱스(F_n)값이 계산되고, 공정성의 영향을 줄이기 위하여 수행된 n제곱근($\sqrt[n]{Fn}$)값이 상기 <표 1>에서 공정성 인덱스(F_n)값과 n제곱근($\sqrt[n]{Fn}$)값과 같다. 이렇게 계산된 합산값과 n제곱근($\sqrt[n]{Fn}$)값을 이용하여 $FT((G1+G2)/(\sqrt[n]{Fn}))$ 값들을 계산하면 상기 <표 1>에서 $FT((G1+G2)/(\sqrt[n]{Fn}))$ 값들과 같다. 이와 같이 계산된 FT값이 RS간의 공정성까지 고려된 시스템 성능의 감소를 나타내는 값이다. 상술한 바와 같이 성능 감소값이 최소인 '후보 1'이 RS간 공정성도 고려하여 시스템 성능을 최대화시키는 값이다. 따라서, BS(100)는 '후보 1'값을 해당하는 MG에 대한 최적의 성능값으로 결정한다. 이렇게 함으로써 BS(100)에서의 PF 스케줄링이 수행된다.

<42> 다시 도 3으로 돌아가서, 390 단계에서 BS(100)에서 수행된 PF 스케줄링을 통해 선택된 성능값을 TMG에 대한 최적의 성능값으로 결정한다. 이후 BS(100)은 타겟 멀티캐스트 데이터를 전송하는 경우 TMG의 MS들에게 상기 결정된 최적의 성능값으로 멀티캐스트 데이터를 전송한다. 이렇게 함으로써 다중 홉 구조를 가지는 시스템에서 PF 스케줄링을 수행하는 경우 RS들간의 공정성도 고려하면서 최적의 시스템 성능을 갖도록 무선 자원을 분배하는 스케줄링을 수행할 수 있다.

<43> 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 아니되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면의 간단한 설명

<44> 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 다중 홉 무선 통신시스템 구조를 도시하는 도면.

<45> 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 다중 홉 무선 통신시스템에서 공정성을 고려한 스케줄링을 수행하는 과정을 도시하는 도면.

<46> 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 다중 홉 무선 통신시스템에서 전체적인 PF 스케줄링을 수행하는 과정을 도시하는 흐름도.

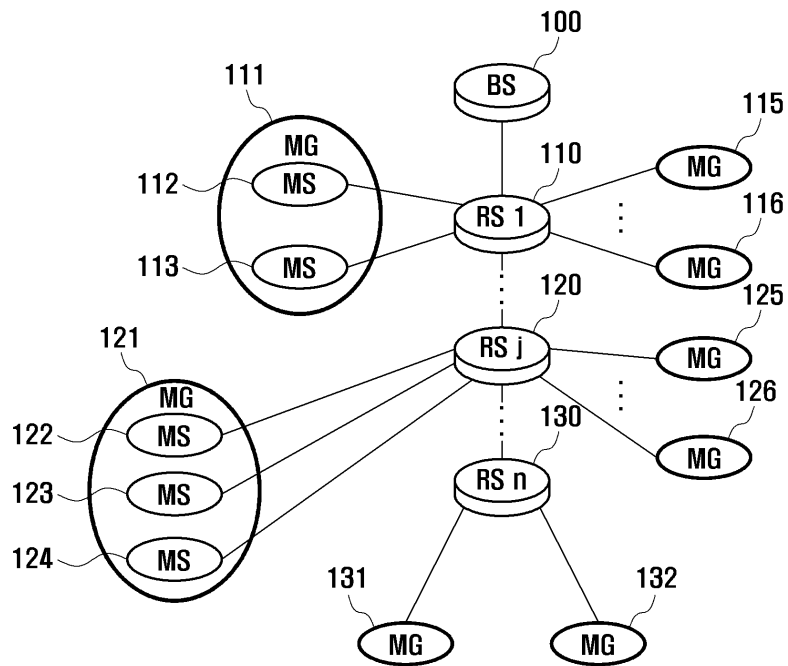
<47> 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 RS에서의 PF 스케줄링을 수행하는 과정을 도시하는 흐름도.

<48> 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 RS에서 성능 감소값을 계산하는 과정을 도시하는 흐름도.

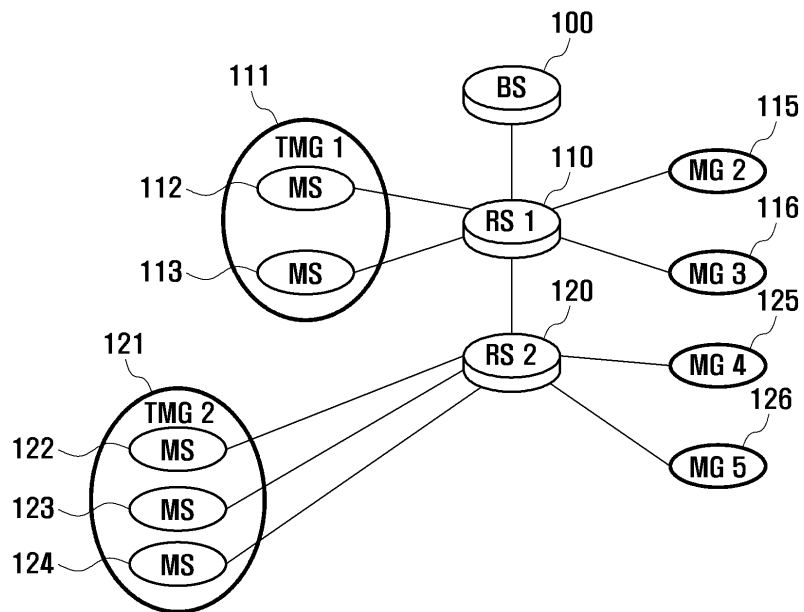
<49> 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 성능 감소값들 및 공정성을 고려하여 BS에서 PF 스케줄링을 수행하는 과정을 도시하는 흐름도.

도면

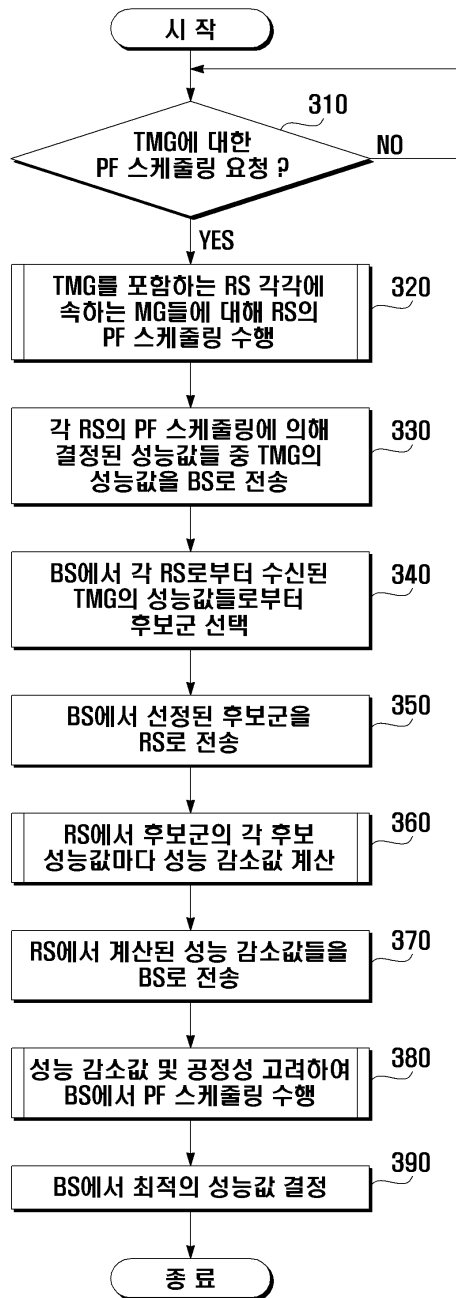
도면1



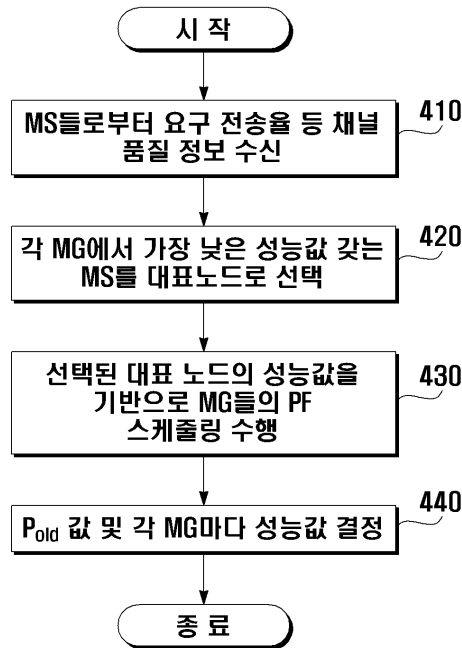
도면2



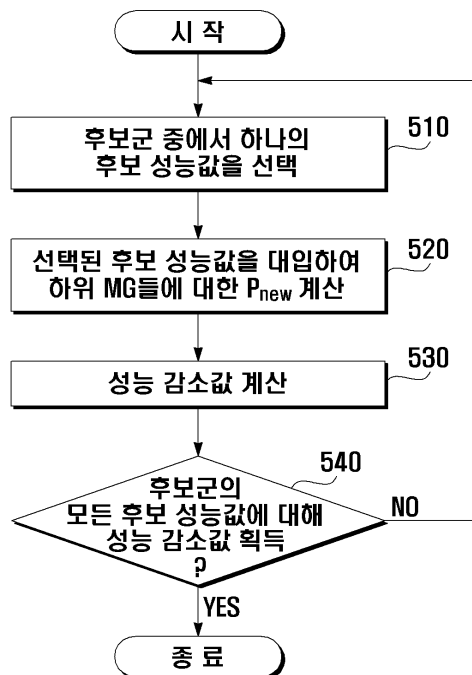
도면3



도면4



도면5



도면6

