(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0030281
(43) 공개일자 2008년04월04일

(51) Int. Cl.
H04L 27/26 (2006.01) *H04L 12/24* (2006.01)
H04B 7/26 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2006-0096165
(22) 출원일자 2006년09월29일
심사청구일자 2006년09월29일

(71) 출원인
한국전자통신연구원
대전 유성구 가정동 161번지
인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교
(72) 발명자
장경희
서울 양천구 목6동 목동신시가지아파트 220-702
허주
인천 중구 신흥동3가 400-721 현대아이파크 106-104
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 신성

전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) ＯＦＤＭ/ＳＤＭＡ 기반 셀룰러 시스템에서 다양한트래픽의 개별 ＱｏＳ 보장을 위한 하향링크 자원할당 장치및 방법

(57) 요 약

1. 청구범위에 기재된 발명이 속하는 기술 분야

본 발명은 OFDM/SDMA 기반 셀룰러 시스템의 하향링크 자원할당 장치 및 방법에 관한 것임.

2. 발명이 해결하려고 하는 기술적 과제

본 발명은 OFDM/SDMA 기반 셀룰러 시스템에서 MAC 계층 이상의 상위 계층에서의 QoS 파라미터(High Layer QoS parameter)를 고려함으로써 시스템 수율 손실을 최소화하면서 상위 계층에서의 QoS(High Layer QoS) 요구 조건을 반영할 수 있는 하향링크 자원할당 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

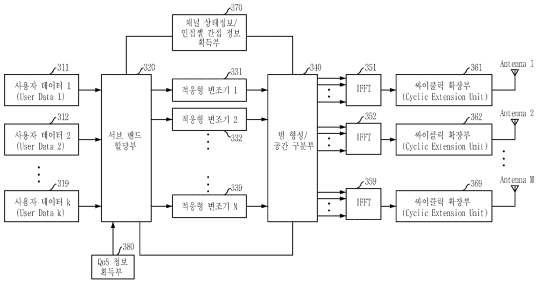
3. 발명의 해결방법의 요지

본 발명은 OFDM/SDMA를 사용하는 이동통신시스템에서 사용자 단말로 무선자원을 할당하는 하향링크 자원할당 장치로서, 복수의 서브 밴드에 대하여 상기 단말에 대한 수율 최대화 메트릭을 생성하는 수율최대화 메트릭 생성부, 상기 단말이 요구하는 상위계층 QoS 정보를 획득하는 QoS 정보 획득부, 상기 QoS 정보를 이용하여 QoS 메트릭을 생성하는 QoS 메트릭 생성부, 및 상기 수율 최대화 메트릭 및 상기 QoS 메트릭을 이용하여 상기 복수의 서브 밴드 가운데 상기 단말로 할당할 서브 밴드를 선택하는 무선자원 할당부를 포함한다.

4. 발명의 중요한 용도

본 발명은 하향링크 자원할당을 수행하는 OFDM/SDMA 기반 시스템 등에 이용됨.

대표도



(72) 발명자

박성호

서울 서초구 방배3동 경남아파트 6-901

이희수

대전 유성구 노은동 열매마을아파트 907-1305

안재영

대전 유성구 전민동 엑스포아파트 105-1203

특허청구의 범위

청구항 1

직교주파수분할다중화방식을 사용하는 이동통신시스템에서 사용자 단말로 무선자원을 할당하는 하향링크 자원할당 장치로서,

복수의 서브 밴드에 대하여 상기 단말에 대한 수율 최대화 메트릭을 생성하는 수율최대화 메트릭 생성부;

상기 단말이 요구하는 상위계층 QoS 정보를 획득하는 QoS 정보 획득부;

상기 QoS 정보를 이용하여 QoS 메트릭을 생성하는 QoS 메트릭 생성부; 및

상기 수율 최대화 메트릭 및 상기 QoS 메트릭을 이용하여 상기 복수의 서브 밴드 가운데 상기 단말로 할당할 서브 밴드를 선택하는 무선자원 할당부

를 포함하는 하향링크 자원할당 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 수율 최대화 메트릭은

상기 단말을 할당할 경우의 서브 밴드 수율의 증가값 및 상기 단말의 할당에 따른 상기 서브 밴드에 기할당된 다른 단말의 수율의 감소값에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는

하향링크 자원할당 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 QoS 정보는

실시간 서비스가 요구하는 패킷 손실율 정보와 패킷 지연 제한 정보, 및 비실시간 서비스가 요구하는 최소 데이터 전송율을 포함하는 것을 특징으로 하는

하향링크 자원할당 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 QoS 메트릭은

상기 실시간 서비스가 상기 비실시간 서비스보다 더 높은 우선 순위를 가지도록 설정되는 것을 특징으로 하는

하향링크 자원할당 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 QoS 메트릭은

상기 단말이 Best Effort 서비스를 제공받는 경우 가장 낮은 우선 순위를 가지도록 설정되는 것을 특징으로 하는

하향링크 자원할당 장치.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 무선자원 할당부는

상기 최대수율 메트릭 및 상기 QoS 메트릭의 가중치를 결정하는 수단;

상기 최대수율 메트릭, 상기 QoS 메트릭 및 상기 가중치를 이용하여 혼합 메트릭을 생성하는 수단; 및

상기 복수의 서브 밴드 가운데 상기 혼합 메트릭이 가장 큰 서브 밴드를 상기 단말로 할당할 서브 밴드로 선택하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는

하향링크 자원할당 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 단말의 채널상태정보 및 인접 셀에 의한 간섭정보를 획득하는 채널상태정보/간섭정보 획득부; 및

상기 단말 및 상기 단말과 동일 채널을 사용하는 단말의 공간 구분을 위한 빔형성 가중 벡터를 결정하는 공간 구분부를 더 포함하며,

상기 수율최대화 메트릭 생성부는

상기 채널상태정보, 상기 간섭정보 및 상기 빔형성 가중 벡터로부터 산출된 간섭량 증가 요소(IPF)를 상기 수율최대화 메트릭에 반영하는 것을 특징으로 하는

하향링크 자원할당 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 수율최대화 메트릭은

상기 단말을 할당할 경우의 서브 밴드 수율의 증가값 및 상기 단말의 할당에 따른 상기 서브 밴드에 기할당된 다른 단말의 수율의 감소값에 의해 결정되는 수율 증가 요소(RIF)가 상기 IPF보다 우선적으로 고려되도록 설정되는 것을 특징으로 하는

하향링크 자원할당 장치.

청구항 9

직교주파수분할다중화(OFDM) 및 공간분할다중접속(SDMA)을 이동통신시스템에서 사용자 단말로 무선자원을 할당하는 하향링크 자원할당 장치로서,

복수의 서브 밴드에 대한 상기 단말이 할당되는 경우의 수율 증가 요소(RIF)를 획득하는 RIF 획득부;

상기 단말의 채널상태정보 및 인접 셀에 의한 간섭정보를 획득하는 채널상태/간섭정보 획득부;

상기 단말 및 상기 단말과 동일 채널을 사용하는 단말의 빔형성 가중 벡터를 결정하는 공간 구분부;

상기 채널상태정보, 상기 간섭정보 및 상기 빔형성 가중 벡터를 이용하여 상기 복수의 서브 밴드에 대한 상기 단말이 할당되는 경우의 간섭량 증가 요소(IPF)를 획득하는 IPF 획득부; 및

상기 RIF 및 상기 IPF를 이용하여 상기 복수의 서브 밴드 가운데 상기 단말로 할당할 서브 밴드를 선택하는 무선자원 할당부를 포함하는

하향링크 자원할당 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 RIF 획득부는

상기 단말을 할당할 경우의 서브 밴드 수율의 증가값 및 상기 단말의 할당에 따른 상기 서브 밴드에 기할당된

다른 단말의 수율의 감소값을 이용하여 상기 RIF를 획득하는 것을 특징으로 하는

하향링크 자원할당 장치.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 무선자원 할당부는

상기 RIF를 이용하여 상기 단말로 할당할 서브 밴드를 선택하는 수단; 및

상기 단말과 동일한 RIF를 가지는 단말이 있는 경우, 상기 IPF가 큰 단말에 우선적으로 서브밴드를 할당하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는

하향링크 자원할당 장치.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 단말이 요구하는 상위계층 QoS 정보를 획득하는 QoS 정보 획득부; 및

상기 QoS 정보를 이용하여 QoS 메트릭을 생성하는 QoS 메트릭 생성부를 더 포함하며,

상기 무선자원 할당부는

상기 RIF 및 상기 IPF 및 상기 QoS 메트릭을 이용하여 상기 복수의 서브 밴드 가운데 상기 단말로 할당할 서브 밴드를 선택하는 것을 특징으로 하는

하향링크 자원할당 장치.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 QoS 메트릭은

실시간 서비스가 비실시간 서비스보다 더 높은 우선 순위를 가지도록 설정되는 것을 특징으로 하는

하향링크 자원할당 장치.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 무선자원 할당부는

상기 RIF 및 상기 IPF를 이용하여 최대수율 메트릭을 생성하는 수단;

상기 최대수율 메트릭 및 상기 QoS 메트릭의 가중치를 결정하는 수단;

상기 최대수율 메트릭, 상기 QoS 메트릭 및 상기 가중치를 이용하여 혼합 메트릭을 생성하는 수단; 및

상기 복수의 서브 밴드 가운데 상기 혼합 메트릭이 가장 큰 서브 밴드를 상기 단말로 할당할 서브 밴드로 선택하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는

하향링크 자원할당 장치.

청구항 15

직교주파수분할다중화(OFDM) 및 공간분할다중접속(SDMA)을 사용하는 이동통신시스템에서 사용자 단말로 무선자원을 할당하는 하향링크 자원할당 방법으로서,

복수의 서브 밴드에 대하여 상기 단말에 대한 수율 최대화 메트릭을 생성하는 단계;

상기 단말이 요구하는 상위계층 QoS 정보를 획득하는 QoS 정보 획득 단계;

상기 QoS 정보를 이용하여 QoS 메트릭을 생성하는 QoS 메트릭 생성 단계; 및

상기 수율 최대화 메트릭 및 상기 QoS 메트릭을 이용하여 상기 복수의 서브 밴드 가운데 상기 단말로 할당할 서브 밴드를 선택하는 무선자원 할당 단계

를 포함하는 하향링크 자원할당 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 수율 최대화 메트릭을 생성하는 단계는

상기 단말을 할당할 경우의 서브 밴드 수율의 증가값 및 상기 단말의 할당에 따른 상기 서브 밴드에 기할당된 다른 단말의 수율의 감소값을 이용하여 상기 수율 최대화 메트릭을 생성하는 것을 특징으로 하는

하향링크 자원할당 방법.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

상기 QoS 메트릭 생성 단계는

실시간 서비스의 QoS 메트릭이 비실시간 서비스의 QoS 메트릭보다 높은 우선 순위를 갖도록 설정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

하향링크 자원할당 방법.

청구항 18

제 15 항 내지 제17 항 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 무선자원 할당 단계는

상기 최대수율 메트릭 및 상기 QoS 메트릭의 가중치를 결정하는 단계;

상기 최대수율 메트릭, 상기 QoS 메트릭 및 상기 가중치를 이용하여 혼합 메트릭을 생성하는 단계; 및

상기 복수의 서브 밴드 가운데 상기 혼합 메트릭이 가장 큰 서브 밴드를 상기 단말로 할당할 서브 밴드로 선택하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

하향링크 자원할당 방법.

청구항 19

제 15 항에 있어서,

상기 단말의 채널상태정보 및 인접 셀에 의한 간섭정보를 획득하는 단계; 및

상기 단말 및 상기 단말과 동일 채널을 사용하는 단말의 공간 구분을 위한 빔형성 가중 벡터를 결정하는 단계를 더 포함하며,

상기 수율최대화 메트릭을 생성하는 단계는

상기 채널상태정보, 상기 간섭정보 및 상기 빔형성 가중 벡터로부터 산출된 간섭량 증가 요소(IPF)를 상기 수율 최대화 메트릭에 반영하는 것을 특징으로 하는

하향링크 자원할당 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<10> 본 발명은 OFDM/SDMA 기반 셀룰러 시스템의 하향링크 자원할당 장치 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 OFDM/SDMA 기반 셀룰러 시스템에서 다양한 트래픽의 개별 QoS를 보장하는 하향링크 자원할당 장치 및 방법에 관한 것이다.

<11> 국내외적으로 4세대 이동통신에 대한 관심이 높아지면서 상기 4 세대 이동통신의 요구 사항을 만족시키기 위한 시스템에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히, 직교주파수분할다중화(OFDM; Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식은 높은 전송 효율과 간단한 채널 등화 방식을 지원하는 등의 장점을 가지는 이유로, 4세대 이동통신 시스템에 적용하기에 적절한 방식 가운데 하나로 주목받고 있다. 상기 OFDM 방식은 이미 IEEE 820.11a와 ETSI HIPERLAN/2와 같은 WRAN 시스템, 유럽의 DAB(Digital Audio Broadcasting) 및 DVB(Digital Broadcasting) 시스템, 고정 무선 접속 시스템 IEEE 802.16의 무선 전송 규격 표준으로 채택되어 있다.

<12> 이러한 OFDM을 기반으로 하는 다중 접속 방식인 OFDMA(OFDM-FDMA) 방식은 각 사용자에게 서로 다른 서브 캐리어를 할당하는 방식으로서, 사용자의 요구에 맞추어 서브 채널을 할당함으로써 다양한 QoS(Quality of Service)를 제공할 수 있다. 또한, 상기 OFDMA 방식은 사용자의 채널 상황에 따라 서브 캐리어의 변조 및 코딩 레벨을 변화시키는 적응 변조 및 코딩(AMC; Adaptive Modulation and Coding) 방식, 사용자에게 동적으로 서브 캐리어를 할당하는 동적 채널 할당(Dynamic Channel Allocation) 방식 및 워터 필링(Water filling)과 같은 송신단 전력 제어(Transmit Power Control) 방식을 접목함으로써 시스템의 수율을 최대화할 수 있는 장점을 갖는다. 상기와 같은 OFDMA 시스템에서 전송 전력의 제한이 있는 조건에서의 수율 최대화(Throughput Maximization)을 위한 서브 캐리어 및 비트 할당 알고리즘, 및 전송 데이터율의 제한이 있는 조건에서의 전송 전력을 최소화하는 서브 캐리어 및 비트 할당 알고리즘에 대한 연구는 많이 진행된 상황이다.

<13> 최근에는 OFDMA 시스템의 수율을 더욱 향상시키기 위하여 공간분할다중접속(SDMA; Spatial Division Multiple Access) 방식을 기존의 OFDMA 시스템에 접목시키려는 연구가 진행되고 있다. SDMA 방식은 사용자들의 공간 정보를 이용하여 하나의 섹터 내에서 다수의 사용자들이 동일한 주파수 자원을 동일섹터간섭 없이 사용할 수 있도록 하는 다중 접속 방식이다. 적응형 안테나(Adaptive Antenna) 기술을 이용하는 SDMA 방식을 기지국에 적용할 경우 상기 기지국은 공간적으로 구분 가능한 사용자를 동일 채널에 할당할 수 있으며, 이는 인트라-셀 재사용(Intra-Cell Reuse)을 가능토록 하므로 시스템 수율(Throughput)을 극대화할 수 있다.

<14> 이러한 SDMA 방식을 적용하기 위해서는 사용자 간의 공간적 구분도(Spatial Separability)의 확인이 필수적이다. 여기서 공간적 구분도의 확인이란 동일 섹터 내에 있는 사용자들을 공간적 위치에 따라 구분하는 것을 의미한다. 상향 링크의 경우 동일한 채널(Co-Channel)을 사용하는 동일 채널 사용자 간의 공간 구분을 위해 각각의 사용자에게 적절한 가중 벡터(Weight Vector)를 개별적으로 구하여 적용할 수 있으므로, 사용자의 공간적 구분이 비교적 용이하다. 그러나, 하향 링크의 경우에는 동일 채널 사용자 간의 공간 구분을 위한 빔형성 가중 벡터(Beamforming Weight Vector)를 결정하기가 쉽지 않다. 이는 하향 링크의 경우 상향 링크와 달리 송신단에서 동일 채널 사용자의 데이터를 빔형성하여 함께 보내게 되므로, 한 사용자의 전송 파라미터의 변경이 다른 사용자의 간섭 레벨(Interference Level)에 영향을 주게 되어 QoS를 유지하기가 어려워지기 때문이다. 따라서, 동일 채널의 공간 구분을 위한 빔형성 가중 벡터는 각각의 동일 채널의 QoS를 유지할 수 있도록 선정되어야 한다.

<15> 지금까지 SDMA 방식에 대한 대부분의 연구는 PHY(Physical Layer Protocol) 계층에서 주어진 사용자가 있을 때 각각의 사용자 요구 SINR(Signal to Interference and Noise Ratio)을 유지하면서 최적의 가중 벡터(Weight Vector)를 산출하고 전송 전력을 최소화하는 방식에 대한 연구가 주류를 이루어왔다. 그리고, 수율 최적화를 위하여 하나의 채널에 가능한 많은 사용자를 할당하는 MAC(Media Access Control) 계층에 대한 연구가 일부 진행되었다. 하지만 이들을 상호 연관(Joint)시키기 위한 연구는 극히 드문 실정이다.

<16> 또한, 전체 시스템의 성능을 향상시키기 위해서는 PHY 계층 및 MAC 계층 간의 연계 디자인(cross layer design)에 대한 연구가 필요할 뿐만 아니라, 그보다 상위 계층에서 요구하는 QoS를 만족시키기 위한 자원할당 방법도 제안될 필요가 있다. 즉, 현재까지 제안된 대부분의 SDMA 기반의 자원할당 방법은 시스템의 수율 최대화에 초점이 맞추어져 있어 사용자의 QoS 요구 조건이나 요구 트래픽 특성들을 반영할 수 없다는 문제점이 있으며, 이는 전체 시스템의 성능 열화를 가져오게 된다. 예를 들어, 화상 회의와 같은 실시간 서비스는 도달하는 패킷들의 지연 제한(Delay Bound)가 엄격하게 정해져 있으며, 기지국에서 큐 길이(Queue Length)를 적절하게 조절하여 패

킷 손실율(Packet Dropping Ratio)을 유지해야만 한다. 또한, VOD(Video On Demand)와 같은 비실시간 서비스는 비록 실시간 서비스와 같이 요구 사항이 엄격하지는 않지만 각 사용자에 대하여 최소 전송율(Minimum Transmission Rate)를 보장하여야만 서비스가 가능하다. 하지만, 기존의 시스템 수율 최대화 자원할당 방법만으로는 이러한 서비스 요구 사항을 만족시키는데 한계가 있으며, MAC 계층 이상의 상위 계층(High Layer)에서의 QoS 파라미터인 지연 제한과 최소 전송율 및 큐 길이 등을 반영할 수 있는 SDMA 기반의 자원할당 방법이 제안될 필요가 있다.

<17> 또한, 기존의 SDMA 기반 자원할당 방법은 대부분 단일 셀(Single Cell) 환경에서 설계되었기 때문에, 이를 직접적으로 다중 셀(Multi-Cell) 환경으로 확장할 경우 인접 셀 간섭으로 인한 급격한 성능 열화를 가져온다는 문제점이 있다. 따라서, 다중 셀 환경에서 기인하는 인접 셀 간섭에 대처할 수 있는 SDMA 자원 할당 방법이 필요한 상황이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<18> 본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, OFDM/SDMA 기반 셀룰러 시스템에서 MAC 계층 이상의 상위 계층에서의 QoS 파라미터(High Layer QoS parameter)를 고려함으로써 시스템 수율 손실을 최소화하면서 상위 계층에서의 QoS(High Layer QoS) 요구 조건을 반영할 수 있는 하향링크 자원할당 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

<19> 또한, 본 발명은 다중 셀(Multi-Cell) 환경에서 기인하는 인접 셀 간섭 정보를 자원 할당에 고려할 수 있도록 함으로써 다중 셀(Multi-Cell) 환경에서도 적용 가능한 하향링크 자원할당 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

<20> 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있으며, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 알게 될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 특허 청구 범위에 나타낸 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

발명의 구성 및 작용

<21> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은 직교주파수분할다중화방식을 사용하는 이동통신시스템에서 사용자 단말로 무선자원을 할당하는 하향링크 자원할당 장치로서, 복수의 서브 밴드에 대하여 상기 단말에 대한 수율 최대화 메트릭을 생성하는 수율최대화 메트릭 생성부, 상기 단말이 요구하는 상위계층 QoS 정보를 획득하는 QoS 정보 획득부, 상기 QoS 정보를 이용하여 QoS 메트릭을 생성하는 QoS 메트릭 생성부, 및 상기 수율 최대화 메트릭 및 상기 QoS 메트릭을 이용하여 상기 복수의 서브 밴드 가운데 상기 단말로 할당할 서브 밴드를 선택하는 무선자원 할당부를 포함한다. 상기 QoS 메트릭은 상기 실시간 서비스가 상기 비실시간 서비스보다 더 높은 우선 순위를 가지도록 설정되며, Best Effort는 가장 낮은 우선 순위를 가지도록 설정된다. 또한, 상기 QoS 정보는 실시간 서비스가 요구하는 패킷 손실율 정보와 패킷 지연 제한 정보 및 비실시간 서비스가 요구하는 최소 데이터 전송율을 포함한다. 상기 무선자원 할당부는 상기 최대수율 메트릭 및 상기 QoS 메트릭의 가중치를 결정하는 수단, 상기 최대수율 메트릭과 상기 QoS 메트릭 및 상기 가중치를 이용하여 혼합 메트릭을 생성하는 수단, 및 상기 복수의 서브 밴드 가운데 상기 혼합 메트릭이 가장 큰 서브 밴드를 상기 단말로 할당할 서브 밴드로 선택하는 수단을 포함한다.

<22> 또한, 상기 자원할당 장치는 상기 단말의 채널상태정보 및 인접 셀에 의한 간섭정보를 획득하는 채널상태정보/간섭정보 획득부, 및 상기 단말 및 상기 단말과 동일 채널을 사용하는 단말의 공간 구분을 위한 빔형성 가중 벡터를 결정하는 공간 구분부를 더 포함할 수 있다. 이 경우, 상기 수율최대화 메트릭 생성부는 상기 채널상태정보, 상기 간섭정보 및 상기 빔형성 가중 벡터로부터 산출된 간섭량 증가 요소(IPF)를 상기 수율최대화 메트릭에 반영한다. 더 구체적으로 상기 수율최대화 메트릭은 상기 단말을 할당할 경우의 서브 밴드 수율의 증가값 및 상기 단말의 할당에 따른 상기 서브 밴드에 기할당된 다른 단말의 수율의 감소값에 의해 결정되는 수율 증가 요소(RIF)가 상기 IPF보다 우선적으로 고려되도록 설정된다.

<23> 또한, 본 발명은 직교주파수분할다중화(OFDM) 및 공간분할다중접속(SDMA)을 이동통신시스템에서 사용자 단말로 무선자원을 할당하는 하향링크 자원할당 장치로서, 복수의 서브 밴드에 대한 상기 단말이 할당되는 경우의 수율 증가 요소(RIF)를 획득하는 RIF 획득부, 상기 단말의 채널상태정보 및 인접 셀에 의한 간섭정보를 획득하는 채널상태/간섭정보 획득부, 상기 단말 및 상기 단말과 동일 채널을 사용하는 단말의 빔형성 가중 벡터를 결정하는 공간 구분부, 상기 채널상태정보, 상기 간섭정보 및 상기 빔형성 가중 벡터를 이용하여 상기 복수의 서브 밴드

에 대한 상기 단말이 할당되는 경우의 간섭량 증가 요소(IPF)를 획득하는 IPF 획득부, 및 상기 RIF 및 상기 IPF를 이용하여 상기 복수의 서브 밴드 가운데 상기 단말로 할당할 서브 밴드를 선택하는 무선자원 할당부를 포함한다. 상기 RIF 획득부는 상기 단말을 할당할 경우의 서브 밴드 수율의 증가값 및 상기 단말의 할당에 따른 상기 서브 밴드에 기할당된 다른 단말의 수율의 감소값을 이용하여 상기 RIF를 획득한다. 또한, 상기 무선자원 할당부는 상기 RIF를 이용하여 상기 단말로 할당할 서브 밴드를 선택하는 수단, 및 상기 단말과 동일한 RIF를 가지는 단말이 있는 경우, 상기 IPF가 큰 단말에 우선적으로 서브밴드를 할당하는 수단을 포함한다.

<24> 한편, 본 발명은 직교주파수분할다중화(OFDM) 및 공간분할다중접속(SDMA)을 사용하는 이동통신시스템에서 사용자 단말로 무선자원을 할당하는 하향링크 자원할당 방법으로서, 복수의 서브 밴드에 대하여 상기 단말에 대한 수율 최대화 메트릭을 생성하는 단계, 상기 단말이 요구하는 상위계층 QoS 정보를 획득하는 QoS 정보 획득 단계, 상기 QoS 정보를 이용하여 QoS 메트릭을 생성하는 QoS 메트릭 생성 단계, 및 상기 수율 최대화 메트릭 및 상기 QoS 메트릭을 이용하여 상기 복수의 서브 밴드 가운데 상기 단말로 할당할 서브 밴드를 선택하는 무선자원 할당 단계를 포함한다. 상기 수율 최대화 메트릭을 생성하는 단계는 상기 단말을 할당할 경우의 서브 밴드 수율의 증가값 및 상기 단말의 할당에 따른 상기 서브 밴드에 기할당된 다른 단말의 수율의 감소값을 이용하여 상기 수율 최대화 메트릭을 생성하는 것을 특징으로 한다. 또한, 상기 QoS 메트릭 생성 단계는 실시간 서비스의 QoS 메트릭이 비실시간 서비스의 QoS 메트릭보다 높은 우선 순위를 갖도록 설정한다.

<25> 상술한 본 발명의 내용은 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이며, 그에 따라 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 일실시예를 상세히 설명하기로 한다.

<26> OFDM/SDMA 기반의 하향링크 자원할당 방법은 셀룰러 시스템의 셀 환경에 따라 단일 셀(Single-Cell) 환경을 위한 자원할당 방법과 다중 셀(Multi-Cell) 환경을 위한 자원할당 방법으로 나뉘어진다. 또한, OFDM/SDMA 기반의 하향링크 자원할당 방법은 성능 메트릭(Metric)을 기준으로 시스템 수율(Troughput, 사용자가 시간당 할당받는 데이터량 [kbps]) 최대화를 위한 자원할당 방법과 MAC 계층 이상의 상위 계층에서의 QoS(High Layer QoS)를 보장하기 위한 자원할당 방법으로 나뉘어진다. 본 발명에 따른 OFDM/SDMA 하향링크 자원할당 방법은 다중 셀(Multi-Cell) 환경을 지원하며 시스템 수율(Troughput)을 최대화하면서 상위 계층에서의 QoS(High Layer QoS)를 보장한다.

<27> 도 1은 수율 최대화 자원할당 방법에 따라 동작하는 OFDM/SDMA 기반 기지국의 일실시예 구성도이다.

<28> 도 1에 도시된 기지국은 M 개의 안테나 어레이를 가지고 K 명의 사용자에게 서비스를 제공한다. 상기 사용자는 오직 1 개의 수신 안테나를 가진다고 가정한다. 상기 기지국은 SDMA를 이용하여 하나의 채널을 사용하여 최대 M 명의 사용자에게 서비스를 제공할 수 있다.

<29> 상기 기지국은 도 1에 도시된 바와 같이, 서브밴드 할당부(120), 적응형 변조기(131~139), 빔형성/공간 구분부(140), 채널상태정보 획득부(170), IFFT 수행부(151~159), 싸이클릭 확장부(161~169) 및 배열 안테나(Antenna 1~M)를 포함한다.

<30> 상기 채널상태정보 획득부(170)는 서비스를 제공받는 사용자 단말(MS; Mobile Station)들로부터 각 서브 밴드의 채널 상태정보를 획득한다.

<31> 상기 서브밴드 할당부(120)는 각각의 사용자 데이터(User Data 1~k, 111~119)에 대하여 사용할 서브 밴드(서브 캐리어) 및 각각의 서브 밴드에 실릴 비트 수를 결정한다. 또한, 상기 서브밴드 할당부(120)는 상기 채널상태정보 획득부(170)로부터 전달되는 채널상태정보를 바탕으로 각 서브 밴드에 대하여 공유 가능한 사용자 군의 변조 및 코딩(MCS; Modulation and Coding Selection) 레벨을 결정한다.

<32> 상기 적응형 변조기(131~139)는 상기 서브밴드 할당부(120)에서 할당된 각각의 서브 밴드별로 상기 결정된 MCS 레벨에 근거하여 동일 채널(Co-Channel) 사용자에 할당된 비트에 맞는 적응 변조를 수행한다.

<33> 상기 빔형성/공간 구분부(140)는 상기 채널상태정보 획득부(170)로부터 전달되는 채널상태정보를 바탕으로 각 서브 밴드에 대하여 공유 가능한 사용자 군을 선정한다. 그리고 선정된 사용자 군에 대한 정보를 상기 서브밴드 할당부(120)로 전달한다. 한편, 상기 빔형성/공간 구분부(140)는 상기 적응형 변조기(131~139)의 출력 신호를 입력받아, 동일 채널 사용자의 공간 구분을 위한 빔형성 가중 벡터(Beamforming Weight Vector)를 결정한다.

<34> 상기 IFFT 수행부(151~159)는 상기 적응변조기(131~130)의 출력 신호 및 상기 빔형성 가중 벡터 정보를 입력받아 IFFT 변환을 수행하며, 상기 싸이클릭 확장부(161~169)는 상기 IFFT 수행부(151~159)의 출력 신호에 대하여 보호 구간(Guard Interval)을 삽입하는 등의 순환 확장(Cylic Extention)을 수행하여 안테나를 통해 사용자 단말(MS; Mobile Station)로 송신한다.

<35> 이하, 상기 빔형성/공간 구분부(140)가 상기 채널상태정보 획득부(170)로부터 전달된 채널상태정보를 이용하여 간섭량증가측정요소(IPF; Interference Preference Factor)를 계산하는 과정을 설명한다.

<36> 사용자 k의 n번째 서브 밴드의 주파수 영역 신호대간섭 잡음비(SINR; Signal to Interference and Noise Ratio)는 아래의 [수학식 1]과 같다.

수학식 1

<37>
$$SINR_{n,k} = \frac{\mathbf{w}_{n,k}^{H} H_{n,k} \mathbf{w}_{n,k}}{\sum_{j \neq k} \mathbf{w}_{n,j}^{H} H_{n,k} \mathbf{w}_{n,j} + \sigma_k^2}$$

<38> 상기 [수학식 1]에서 SINR의 분자는 원하는 신호 성분을 나타내며, $H_{n,k}$ 는 상기 채널상태정보획득부(170)에서 획득된 각 사용자 k의 공간적 공분산(SC; Spatial Covariance) 매트릭스에 해당하는 채널상태정보다. 또한, SINR의 분모에서 첫 번째 요소는 동일한 서브 밴드를 사용하는 동일 채널 사용자들에 의한 간섭을 의미하며, 두 번째 요소는 사용자 k의 부가적 백색 가우시안 잡음(AWGN; Additive Gaussian Noise)를 의미한다. $w_{n,k}$ 는 사용자 k가 서브 밴드 n을 사용할 경우 이용하게 될 빔형성 벡터 $[w^{1}_{n,k}, \ldots, w^{M}_{n,k}]^{T}$ 를 의미한다. $w^{H}_{n,k}$ 는 상기 빔형성 벡터의 전치 켤레(Transpose Conjugate, Hermitian)를 의미한다.

<39> 시스템 수율 최적화를 위한 SDMA 기반 자원할당 방법은 간섭량증가측정요소(IPF; Interference Preference Factor) 및 수율증가측정요소(RIF; Rate Increment Factor)의 2가지 성능 메트릭(Metric)을 고려하여 최적 자원 할당을 수행한다.

<40> 우선, 상기 간섭량증가측정요소(IPF)는 '기지국 스케쥴러가 사용자 k에게 서브 밴드 n을 할당하는 경우 자신의 신호와 동일 채널 사용자에 의한 간섭의 비' 및 '기지국 스케쥴러가 사용자 k에게 서브 밴드 n을 할당할 경우 서브 밴드 n을 할당받은 기존의 사용자가 겪는 간섭량의 증가분'을 이용하여 계산된다.

<41> 상기 '기지국 스케쥴러가 사용자 k에게 서브 밴드 n을 할당하는 경우 자신의 신호와 동일 채널 사용자에 의한 간섭의 비'는 아래의 [수학식 2]와 같이 표현된다. 아래의 [수학식 2]에서, c는 상수이며, G^{n} 은 이미 서브 밴드 n을 점유하고 있는 사용자들의 집합이다.

수학식 2

<42>
$$D_{n,k} = \max_{w_{n,k}} \frac{\mathbf{w}_{n,k}^{H} H_{n,k} \mathbf{w}_{n,k}}{\mathbf{w}_{n,k}^{H} (\sum_{j \in G^{n}} H_{n,j}) \mathbf{w}_{n,k} + \sigma^2_{k}}, \text{ s.t. } |\mathbf{w}_{n,k}| = c$$

<43> 한편, '사용자 k가 서브 밴드 n을 공유하기 전에 사용자 i가 서브 밴드 n으로부터 겪게 되는 간섭량'은 아래의 [수학식 3]으로 표현되며, '사용자 k가 서브 밴드 n을 공유할 경우의 사용자 i가 서브 밴드 n으로부터 겪게 되는 간섭량'은 아래의 [수학식 4]와 같이 표현된다.

수학식 3

<44>
$$D^{-}_{n,i}(k) = \max_{w_{n,i}} \frac{\mathbf{w}_{n,i}^{H} H_{n,i} \mathbf{w}_{n,i}}{\mathbf{w}_{n,i}^{H} (\sum_{j \in G^{n}, j \neq i} H_{n,j}) \mathbf{w}_{n,i} + \sigma^2_{i}}$$

수학식 4

$$D_{n,j}^{+}(k) = \max_{w_{n,j}} \frac{\mathbf{w}_{n,j}^{H} H_{n,j} \mathbf{w}_{n,j}}{\mathbf{w}_{n,j}^{H} (\sum_{j \in G^{n}; j \neq l} H_{n,j} + H_{n,k}) \mathbf{w}_{n,j} + \sigma_{j}^{2}}$$

<45>

<46> 상기 간섭량증가측정요소(IPF)는 상기 [수학식 2] 내지 [수학식 4]를 토대로 아래의 [수학식 5]와 같이 표현된다.

수학식 5

$$I_{n,k} = \frac{D_{n,k}}{\sum_{j \in G^{n}} (D_{n,j}^{-}(k) - D_{n,j}^{+}(k))}$$

<47>

<48> 상기 [수학식 5]를 참조하면 상기 간섭량증가측정요소(IPF)는 자신의 SIR값이 클수록 그리고 자신이 다른 사용자에게 미치는 간섭량의 증가분이 작을수록 메트릭 값이 증가함을 알 수 있다. 채널의 할당은 상기 IPF 값이 큰 사용자 순서로 이루어지게 된다.

<49> 다음으로, 수율증가측정요소(RIF; Rate Increment Factor)는 아래의 [수학식 6]과 같이 표현된다.

수학식 6

$$T_{n,k} = b_{n,k} + \sum_{i \in G^{n}} (b_{n,i}^{+}(k) - b_{n,i}^{-}(k))$$

<50>

<51> 상기 [수학식 6]에서 첫 번째 요소 $b_{n,k}$ 는 k번째 사용자가 서브 밴드 n을 할당받게 될 때 서브 밴드 n이 전송할 수 있는 데이터 양(수율)의 증가분을 의미한다. 또한, $b^{-}_{n,k}$ 는 사용자 k가 서브 밴드 n을 공유하기 전에 사용자 i가 획득한 데이터양이며, $b^{+}_{n,k}$ 는 사용자 k가 서브 밴드 n을 공유할 경우 사용자 i가 획득한 데이터양이다. 따라서, 두 번째 요소 $\sum_{i \in G^{n}} (b_{n,i}^{+}(k) - b_{n,i}^{-}(k))$ 는 k번째 사용자로 인하여 증가된 간섭량의 증가로 인하여 감소된 사용자 i의 수율의 감소분을 의미한다. 상기 RIF 값이 0보다 커야 채널의 할당이 이루어질 수 있다.

<52> 시스템 수율 최적화를 위한 OFDM/SDMA 기반 자원할당 방법을 메트릭(APF)는 상기 간섭량증가측정요소(IPF) 및 수율증가측정요소(RIF)를 고려하여 아래의 [수학식 7]과 같이 설계될 수 있다.

수학식 7

$$A_{n,k} = I_{n,k} T_{n,k}$$

<53>

<54> 도 2는 도 1의 기지국에서 수행되는 수율 최대화 자원할당 방법을 설명하는 일실시예 흐름도이다.

<55> 우선, 채널상태정보 획득부(170)에서 각각의 사용자 단말(MS; Mobile Station)에 대한 채널상태정보인 서브 밴드 SC(Spatial Covariance) 매트릭스들을 획득한다(S210). 초기에는 모든 서브 밴드가 각 사용자들에게 할당 가능하다.

<56> 이어서, 빔형성/공간 구분부(140)에서는 상기 SC 매트릭스를 이용하여 [수학식 7]로 표현되는 APF를 계산하며, 상기 서브밴드 할당부(120)는 각각의 서브 밴드에 대하여 상기 APF가 가장 큰 사용자들을 각 서브 밴드에 할당한다(S220).

<57> 상기 빔형성/공간 구분부(140)는 상기 채널 할당으로 인하여 변경된 동일 채널 사용자들의 APF를 업데이트한다(S230).

<58> 이후, 각 서브 밴드에 대하여 전송 안테나 수만큼 사용자를 할당했거나 더 이상 SDMA로 인한 이득이 없는 경우, 상기 서브밴드 할당부(120)는 할당 가능 리스트에서 해당 서브 밴드를 제거한다(S240). SDMA로 인한 이득이 없는 경우라 함은 각 서브 밴드에 대하여 할당된 모든 사용자들의 RIF가 0이하인 경우를 의미한다.

<59> 이어서, 할당 가능 리스트가 남아있는 경우에는 상기 단계 S220으로 리턴하며, 할당 가능 리스트가 남아있지 않는 경우에는 각각의 사용자에게 할당된 자원을 통하여 다음 프레임 구간 전까지 패킷을 전송한다(S250, S260).

<60> 이하, 상위 계층(High Layer) QoS 보장을 위한 SDMA 기반 자원할당 방법을 살펴본다.

<61> 서비스를 제공받는 사용자는 각각 서로 다른 종류의 트래픽을 요구할 수 있으며, 각각의 트래픽에 따라 고려하여야 할 다양한 QoS 파라미터들이 존재한다. 하지만 수율 향상만을 고려하여 자원을 할당하는 경우 MAC 계층 이상의 상위 계층에서의 QoS를 대변하는 각 사용자에 대한 기지국 버퍼 점유(Buffer Occupancy) 및 사용자의 요구 트래픽 특성이 무시된 자원 할당을 초래하여 전체 시스템의 성능을 열화시키게 된다.

<62> 사용자에게 제공되는 서비스는 High Layer QoS 파라미터를 기준으로 아래와 같이 분류될 수 있다. 우선, 화상회의와 같은 실시간 서비스는 도달하는 패킷들의 지연 제한(Delay Bound)가 엄격하게 정해져 있으며, 기지국에서 큐 길이(Queue Length)를 적절하게 조절하여 패킷 드롭 비율을 일정하게 유지해야 하는 엄격한 QoS 요구 사항을 가진 서비스이다. 또한, VOD(Video On Demand)와 같은 비실시간 서비스는 비록 실시간 서비스와 같은 엄격한 QoS 요건을 요하지는 않지만, 각 사용자에게 최소 전송율(Minimum Transmission Rate)을 보장하여야만 서비스가 가능하다. 마지막으로, FTP와 같은 Best Effort 서비스는 특별한 상위 계층 QoS 파라미터를 고려할 필요가 없는 서비스이다.

<63> 이러한 상위계층(High Layer) QoS를 보장하기 위한 자원할당 방법을 위한 메트릭은 상위 계층 QoS 파라미터를 고려하여 아래의 [수학식 8] 내지 [수학식 9]와 같이 설계할 수 있다.

수학식 8

<64>
$$Q(k)=\begin{cases}\exp\left\{\dfrac{\dfrac{-\log(P^{*}_{D,k})}{D^{*}_{k}}\cdot D_{k}(t)-\bar{D}(t)}{1+\bar{D}^{1/2}}\right\}, & \text{for RT service}\\ \exp\left\{\dfrac{\hat{L}_{k}(t)-\bar{L}(t)}{1+\bar{L}(t)^{1/2}}\right\}, & \text{for NRT service}\\ 1, & \text{for Best-Effort service}\end{cases}$$

수학식 9

<65>
$$\bar{D}(t)=\frac{1}{K_{RT}}\sum_{k\in RT}\left(\frac{-\log P^{*}_{D,k}}{D^{*}_{k}}\right)\cdot D_{k}(t)$$

$$\hat{L}_{k}(t)=\lambda\hat{L}_{k}(t-1)+(1-\lambda)\left(\frac{R^{*}_{\min,k}-R_{k}(t-T)}{R^{*}_{\min,k}}\right)$$

$$\bar{L}(t)=\frac{1}{K_{NRT}}\sum_{k\in NRT}\hat{L}_{k}(t)$$

<66> 상기 [수학식 8] 내지 [수학식 9]에서, $P^{*}_{D,k}$ 는 사용자 k가 실시간 서비스를 요청하는 경우 요구되는 패킷 손실율을 나타낸다. 또한, $D_K(t)$는 k번째 사용자의 시간 t에서의 전송 지연을 의미하며, $\bar{D}(t)$ 는 웨이티드(Weighted) 평균 지연을 의미한다. $R_K(t)$는 사용자 k가 시간 t 동안 서비스받은 데이터율을 의미하며, $R^{*}_{min,k}$ 는 사용자 k가 요구하는 최소 데이터율을 의미한다. 또한, $\hat{L}_k(t)$ 는 서비스받은 전송율의 이동 평균(Moving Averaging)에 해당하며, $\bar{L}(t)$ 는 $\hat{L}_k(t)$ 의 평균값이다. K_{RT} 와 K_{NRT} 는 실시간(RT) 서비스 및 비실시간(NRT) 서비스를 요청한 사용자의 수를 의미한다.

<67> 한편, 실시간 서비스(Real Time Service)가 비실시간 서비스에 비해 높은 우선 순위를 유지할 수 있도록 아래의 [수학식 10]과 같은 메트릭이 추가적으로 제시될 수 있다. 아래의 [수학식 10]에서 ρ_{RT} 는 ρ_{NRT} 보다 크게 설정

된다.

수학식 10

$$P(k) = \begin{cases} \rho_{RT} \text{ for RT service} \\ \rho_{NRT} \text{ for NRT service} \end{cases}$$

<68>

<69> 상기 [수학식 8] 내지 [수학식 10]과 같이 High Layer QoS 파라미터를 사용하여 설계된 메트릭을 자원 할당시에 고려하는 경우, 각각의 사용자가 요구하는 서로 다른 트래픽에 대한 QoS를 맞추어 자원을 할당할 수 있게 된다.

<70> 이하, 인접 셀 간 간섭을 고려하기 위한 SDMA 기반 자원 할당 방법에 대하여 살펴본다.

<71> SDMA를 구현하기 위해서는 각각의 사용자에 대한 빔형성 벡터를 형성하여 하며, 상기 빔 형성 벡터를 형성하기 위하여는 기지국에서 사용자 채널 특성을 알아야 한다. 다중 셀 환경에서는 각 사용자로부터 들어오는 간섭이 존재하므로, 각각의 사용자는 자신의 채널 값뿐만이 아니라 인접 셀에 의한 간섭량 정보를 기지국으로 전송한다. 각각의 섹터는 프레임 단위로 자원할당이 이루어지므로, 인접 셀로부터 들어오는 간섭은 프레임 단위로 랜덤하게 들어오게 된다. 따라서, 각 사용자 단말은 인접 셀에 의한 간섭량의 평균 및 표준 편차를 측정하여 기지국으로 전송한다. 사용자 k의 서브 밴드 n에 대한 인접 셀에 의한 간섭량의 평균 및 표준 편차는 아래의 [수학식 11] 및 [수학식 12]와 같이 표현된다.

수학식 11

$$\hat{\mu}_{n,k}(t) = (1-\phi_k)\hat{\mu}_{n,k}(t-1) + \phi_k I_{n,k}^{inter}(t-1)$$

<72>

수학식 12

$$\hat{\sigma}_{n,k}^2(t) = (1-\phi_k)\hat{\sigma}_{n,k}^2(t-1) + \phi_k (I_{n,k}^{inter}(t-1) - \hat{\mu}_{n,k}(t))^2$$

<73>

<74> 상기 [수학식 11] 및 [수학식 12]에서 ϕ_k 는 사용자 k의 이동 평균(Moving Average) 가중치로서 0에서 1사이의 값을 가진다. 또한, $I_{n,k}^{inter}(t)$ 는 사용자 k의 서브 밴드 n에서의 순시 인접 셀 간섭을 의미한다.

<75> 기지국의 상기와 같이 사용자 단말로부터 제공되는 인접 셀 간섭량의 평균 및 표준 편차를 토대로 빔형성 벡터를 구하고 자원 할당을 수행하는 경우, 시스템의 타겟 패킷 오류율(PER; Packet Error Rate) 성능의 열화 없는 데이터 전송이 가능하다.

<76> 도 3은 본 발명에 따른 자원할당 방법에 따라 동작하는 OFDM/SDMA 기지국의 일실시예 구성도이다.

<77> 상기 본 발명에 따른 OFDM/SDMA 하향링크 자원할당 방법은 다중 셀(Multi-Cell) 환경을 지원하며 시스템 수율(Troughput)을 최대화함과 동시에 상위 계층에서의 QoS(High Layer QoS)를 보장한다.

<78> 도 3에 도시된 기지국은 도 1의 기지국과 마찬가지로 M 개의 안테나 어레이를 가지고 K 명의 사용자에게 서비스를 제공한다. 상기 사용자는 오직 1 개의 수신 안테나를 가진다고 가정한다. 상기 기지국은 SDMA를 이용하여 하나의 채널을 사용하여 최대 M 명의 사용자에게 서비스를 제공할 수 있다.

<79> 상기 기지국은 도 3에 도시된 바와 같이, 서브밴드 할당부(311~319), 적응형 변조기(331~339), 빔형성/공간 구분부(340), IFFT 수행부(351~359), 싸이클릭 확장부(361~369), 배열 안테나(Antenna 1~M), 채널상태정보/인접셀간섭정보 획득부(370) 및 QoS 정보 획득부(380)를 포함한다.

<80> 상기 채널상태정보/인접셀간섭정보 획득부(370)는 서비스를 제공받는 사용자 단말(MS; Mobile Station)들로부터 각 서브 밴드의 채널 상태정보 및 인접셀 간섭정보를 획득한다. 상기 채널 상태정보는 해당 서브 밴드(n)에서 기지국 안테나와 사용자(k) 간의 공간 및 시간 특성을 나타내는 공분산 매트릭스(Spatial Covariance Matrix) 정보를 포함한다. 상기 인접셀 간섭정보는 각 사용자 단말의 인접 셀에 의한 간섭량의 평균 및 표준 편차 정보를 포함한다.

<81> 상기 QoS 정보 획득부(380)는 사용자 단말이 요구하는 QoS 파라미터를 획득한다. 상기 QoS 파라미터는 실시간

서비스의 QoS 파라미터인 패킷 손실율 및 패킷 지연 제한(Delay Bound) 파라미터, 및 비실시간 서비스의 QoS 파라미터인 최소 데이터 전송율(Minimum Transmission Rate)를 포함한다. 또한, 상기 QoS 정보 획득부(380)는 상기 QoS 파라미터를 이용하여 QoS 메트릭(QoS_Metric)을 생성한다. 상기 QoS 메트릭은 서브 밴드 할당부(320)에서 자원 할당시 사용자 단말이 요구하는 트래픽 특성을 고려하도록 하기 위한 메트릭이다.

<82> 상기 빔형성/공간 구분부(340)는 상기 채널상태정보/인접셀간섭정보 획득부(370)로부터 전달되는 채널 상태정보와 인접셀 간섭정보를 바탕으로 각 서브 밴드에 대하여 공유 가능한 사용자 군을 선정하고 공간 구분을 위한 빔형성 가중 벡터를 결정한다. 상기 빙형성/공간 구분부(340)는 상기 채널 상태정보와 인접셀 간섭정보를 이용하여 멀티 셀 환경에서의 인접 셀 간섭정보가 고려된 간섭량증가측정요소(IPF)를 계산한다. 또한, [수학식 6]을 이요하여 수율증가측정요소(RIF)를 계산한다. 그리고 상기 간섭량증가측정요소(IPF) 및 수율증가측정요소(RIF)를 이용하여 인접 셀 간섭이 고려된 수율최대화메트릭(TM_Metric)을 생성한다.

<83> 상기 서브밴드 할당부(320)는 각각의 사용자 데이터(User Data 1~k, 311~319)에 대하여 사용할 서브 밴드(서브캐리어) 및 각각의 서브 밴드에 실릴 비트 수를 결정하며, 상기 각각의 서브 밴드에 대하여 공유 가능한 사용자 군의 변조 및 코딩(MCS; Modulation and Coding Selection) 레벨을 결정한다. 상기 서브밴드 할당부(320)는 상기 QoS 정보 획득부(380)에서 생성된 QoS 메트릭(QoS_Metric) 및 상기 빔형성/공간 구분부(340)에서 생성된 수율최대화메트릭(TM_Metric)으로부터 혼합 메트릭(Unified Metric)을 생성하며, 생성된 혼합 메트릭을 이용하여 사용자 데이터에 대한 자원(서브 밴드)을 할당한다.

<84> 상기 적응형 변조기(331~339)는 상기 서브밴드 할당부(320)에서 할당된 각각의 서브 밴드에 대하여 상기 결정된 MCS 레벨에 근거하여 동일 채널(Co-Channel) 사용자에 할당된 비트에 맞는 적응 변조를 수행한다.

<85> 상기 IFFT 수행부(351~359)는 상기 빔형성/공간 구분부(340)에서 결정된 빔형성 가중 벡터 정보를 입력받아 상기 적응변조기(331~330)의 출력 신호에 대하여 IFFT 변환을 수행하며, 상기 싸이클릭 확장부(361~369)는 상기 IFFT 수행부(351~359)의 출력 신호에 대하여 보호 구간(Guard Interval)을 삽입하는 등의 순환 확장(Cylic Extention)을 수행하여 안테나를 통해 사용자 단말(MS; Mobile Station)로 송신한다.

<86> 이하, 빔 형성/공간 구분부(340)가 상기 채널상태정보/인접셀간섭정보 획득부(370)로부터 전달된 채널 상태정보 및 인접셀 간섭정보를 이용하여 인접셀 간섭이 고려된 수율최대화메트릭(TM_Metric)을 생성하는 방법을 설명한다.

<87> 우선, 상기 채널 상태정보 및 인접셀 간섭정보를 이용한 간섭량증가측정요소(IPF; Interference Preference Factor)의 산출 방법을 설명한다.

<88> 상기 간섭량증가측정요소(IPF)는 '기지국 스케쥴러가 사용자 k에게 서브 밴드 n을 할당하는 경우 자신의 신호와 동일 채널 사용자에 의한 간섭의 비' 및 '기지국 스케쥴러가 사용자 k에게 서브 밴드 n을 할당할 경우 서브 밴드 n을 할당받은 기존의 사용자가 겪는 간섭량의 증가분'을 이용하여 계산되는데, 이때 '사용자 k의 n번째 서브 채널이 겪는 인접 셀 간섭 예측량'이 고려된다.

<89> '사용자 k의 n번째 서브 채널이 겪는 인접 셀 간섭 예측량'은 채널상태정보/인접셀간섭정보 획득부(370)에서 전달된 인접 셀 간섭의 평균 및 표준 편차를 이용하여 아래의 [수학식 13]과 같이 계산된다. 여기서, α_k 는 사용자 k의 서버 밴드 n의 인접셀 간섭의 표준 편차를 고려하기 위한 변수이다.

수학식 13

<90>
$$\hat{I}_{n,k}^{inter}(t) = \hat{\mu}_{n,k}(t) + \alpha_k \cdot \hat{\sigma}_{n,k}(t)$$

<91> 상기 '기지국 스케쥴러가 사용자 k에게 서브 밴드 n을 할당하는 경우 자신의 신호와 동일 채널 사용자에 의한 간섭의 비'는 아래의 [수학식 14]과 같이 표현된다.

수학식 14

$$D_{n,k} = \max_{w_{n,k}} \frac{\mathbf{w}_{n,k}^{H} H_{n,k} \mathbf{w}_{n,k}}{\mathbf{w}_{n,k}^{H} (\sum_{j \in G^n} H_{n,j}) \mathbf{w}_{n,k} + \hat{I}_{n,k}^{inter} + \sigma^2_{\ k}}, \text{ s.t. } |\mathbf{w}_{n,k}| = c$$

<92>

<93> 상기 [수학식 14]에서 분자는 원하는 신호 성분을 나타내며, $H_{n,k}$ 는 상기 채널상태정보/인접셀간섭정보 획득부(370)에서 획득된 각 사용자 k의 공간적 공분산(SC; Spatial Covariance) 매트릭스에 해당하는 채널상태정보다. 또한, 분모에서 첫 번째 요소는 동일한 서브 밴드를 사용하는 동일 채널 사용자들에 의한 간섭을 의미하며, 두 번째 요소는 사용자 k의 부가적 백색 가우시안 잡음(AWGN; Additive Gaussian Noise)를 의미한다. $\hat{I}_{n,k}^{inter}$ 는 사용자 k의 n번째 서브 채널이 겪는 인접 셀 간섭 예측량'이다.

<94> $w_{n,k}$ 는 사용자 k가 서브 밴드 n을 사용할 경우 이용하게 될 빔형성 벡터 $[w^{1}_{n,k}, \ldots, w^{M}_{n,k}]^{T}$ 를 의미한다. $w^{H}_{n,k}$ 는 상기 빔형성 벡터의 전치 켤레(Transpose Conjugate, Hermitian)를 의미한다. c는 상수이며, G^n 은 이미 서브 밴드 n을 점유하고 있는 사용자들의 집합이다.

<95> 한편, '사용자 k가 서브 밴드 n을 공유하기 전에 사용자 i가 서브 밴드 n으로부터 겪게 되는 간섭량'은 아래의 [수학식 15]으로 표현되며, '사용자 k가 서브 밴드 n을 공유할 경우의 사용자 i가 서브 밴드 n으로부터 겪게 되는 간섭량'은 아래의 [수학식 16]과 같이 표현된다.

수학식 15

$$D^{-}_{n,i}(k) = \max_{w_{n,i}} \frac{\mathbf{w}_{n,i}^{H} H_{n,i} \mathbf{w}_{n,i}}{\mathbf{w}_{n,i}^{H} (\sum_{j \in (G^n : j \neq i)} H_{n,j}) \mathbf{w}_{n,i} + \hat{I}_{n,i}^{inter} + \sigma^2_{\ i}}$$

<96>

수학식 16

$$D^{+}_{n,i}(k) = \max_{w_{n,i}} \frac{\mathbf{w}_{n,i}^{H} H_{n,i} \mathbf{w}_{n,i}}{\mathbf{w}_{n,i}^{H} (\sum_{j \in (G^n : j \neq i)} H_{n,j} + H_{n,k}) \mathbf{w}_{n,i} + \hat{I}_{n,i}^{inter} + \sigma^2_{\ i}}$$

<97>

<98> 간섭량증가측정요소(IPF)는 상기 [수학식 13] 내지 [수학식 16]를 토대로 아래의 [수학식 17]와 같이 표현되며, 단일 셀 환경에서의 간섭량증가측정요소(IPF)와는 달리 '사용자 k의 n번째 서브 채널이 겪은 인접 셀 간섭의 예측량'이 고려됨을 알 수 있다.

수학식 17

$$I_{n,k} = \frac{D_{n,k}}{\sum_{i \in G^n} (D^{-}_{n,i}(k) - D^{+}_{n,i}(k))}$$

<99>

<100> 다음으로, 수율증가측정요소(RIF; Rate Increment Factor)는 아래의 [수학식 18]과 같이 표현되며, 상기 [수학식 6]에서 설명한 바와 동일하다.

수학식 18

$$T_{n,k} = b_{n,k} + \sum_{i \in G^n} (b^{+}_{n,i}(k) - b^{-}_{n,i}(k))$$

<101>

<102> 따라서, 빔형성/공간 구분부(340)에서 계산되는 인접셀 간섭이 고려된 수율최대화메트릭(TM_Metric)은 아래의 [수학식 19]와 같다.

수학식 19

<103> $TM_Metric = T_{n,k}\ I_{n,k}$

<104> 상기 수율최대화메트릭(TM_Metric)은 자원할당에 있어 우선적으로 수율증가측정요소(RIF)가 고려되도록 하며, 만약 같은 수율증가측정요소(RIF)를 가지는 사용자들이 있는 경우에는 간섭량증가측정요소(IPF)가 가장 큰 사용자에게 우선적으로 채널 자원이 할당되도록 한다.

<105> 이하, QoS정보 획득부(380)가 획득된 QoS 파라미터를 이용하여 QoS 메트릭(QoS_Metric)를 생성하는 방법을 설명한다. 상기 QoS 메트릭(QoS_Metric)은 서브 밴드 할당부(320)에서 자원 할당시 사용자 단말이 요구하는 트래픽 특성을 고려하도록 함으로써 MAC 계층 이상의 상위계층(High Layer) QoS가 보장될 수 있도록 한다.

<106> 우선, 상위계층 QoS 파라미터를 고려하기 위한 메트릭(Q)은 아래의 [수학식 20]과 같이 설계할 수 있다.

수학식 20

<107>
$$Q(k) = \begin{cases} \exp\left\{\dfrac{\dfrac{-\log(P_k^*)}{D_k^*}\cdot D_k(t) - \bar{D}(t)}{1+\bar{D}^{1/2}}\right\}, & \text{for RT service} \\ \dfrac{R_{\min,k} - R_k(t-T)}{R_{\min,k}}, & \text{for NRT service} \\ -1, & \text{for BE service} \end{cases}$$

<108>
$$\text{where } \bar{D}(t) = \frac{1}{K_{RT}} \sum_{k \in RT} \left(\frac{-\log P_k^*}{D_k^*}\right) \cdot D_k(t)$$

<109> 여기서, $P^*_{D,k}$ 는 사용자 k가 실시간 서비스를 요청하는 경우 요구되는 패킷 손실율을 나타낸다. 또한, $D_K(t)$는 k번째 사용자의 시간 t에서의 전송 지연을 의미하며, $\bar{D}(t)$ 는 웨이티드(Weighted) 평균 지연을 의미한다. $R_K(t)$는 사용자 k가 시간 t 동안 서비스받은 데이터율을 의미하며, $R^*_{min,k}$ 는 사용자 k가 요구하는 최소 데이터율을 의미한다.

<110> 상기 [수학식 20]에서 보듯이, 상위계층 QoS 파라미터를 고려하기 위한 메트릭(Q)은 사용자가 실시간 서비스를 요구하는 경우 기지국 버퍼에서의 지연 시간 이외에도 목표(Target) 패킷 손실율과 지연 제한을 고려하도록 설계되었다. 또한, 사용자가 비실시간 서비스를 요구하는 경우에는 최소 전송율(Minimum Transmission Rate)를 고려하도록 설계되었다. 최소 전송율이란 서비스 사용자가 요구하는 최소한의 수율을 의미한다. 한편, 사용자가 Best Effort 서비스를 요구한 경우에는 별다른 상위계층 QoS 요구 조건이 없으므로 상기 실시간 서비스나 비실시간 서비스에 비하여 우선 순위가 낮게 설정('-1'로 설정)되도록 하였다.

<111> 한편, 실시간 서비스(Real Time Service)가 비실시간 서비스에 비해 높은 우선 순위를 유지할 수 있도록 아래의 [수학식 21]과 같은 메트릭(P)이 추가적으로 필요하다. 아래의 [수학식 21]에서 ρ_{RT} 는 ρ_{NRT} 보다 크게 설정된다.

수학식 21

<112>
$$P(k) = \begin{cases} \rho_{RT} & \text{for RT service} \\ \rho_{NRT} & \text{for NRT service} \end{cases}$$

<113> QoS 메트릭(QoS_Metric)은 상기 상위계층 QoS 파라미터를 고려하기 위한 메트릭(Q)과 실시간 서비스가 비실시간 서비스에 비해 높은 우선 순위를 유지할 수 있도록 하기 위한 메트릭(P)를 합한 값으로서 아래의 [수학식 22]와 같이 표현된다.

수학식 22

$$QoS_Metric = Q(k) + P(k)$$

<114>

<115> 마지막으로, 상기 서브밴드 할당부(320)는 상기 QoS 정보 획득부(380)에서 생성된 QoS 메트릭(QoS_Metric) 및 상기 빔형성/공간 구분부(340)에서 생성된 수율최대화메트릭(TM_Metric)으로부터 아래의 [수학식 23]로 표현되는 혼합 메트릭(Unified Metric)을 생성한다. 상기 서브밴드 할당부(320)은 각 서브 밴드에 대하여 상기 혼합 메트릭 값이 가장 큰 사용자에게 자원을 할당한다.

수학식 23

$$U_{n,k} = \beta \cdot TM_Metric + (1-\beta) \cdot QoS_Metric$$

<116>

<117> 여기서, β는 QoS 메트릭(QoS_Metric)과 수율최대화메트릭(TM_Metric)의 가중치를 결정하기 위한 변수다. QoS 메트릭(QoS_Metric)과 수율최대화메트릭(TM_Metric)은 트레이드-오프(Trade-Off) 특성을 나타낸다. 따라서 높은 QoS를 요구하는 사용자의 밀도에 따라 상기 두 가지 메트릭의 가중치를 적절하게 변경하여 적용함으로써 사용자가 요구하는 QoS를 보장하면서 시스템 수율 손실을 최소화할 수 있다.

<118> 도 4는 도 2의 기지국에서 수행되는 인접셀 간섭정보 및 QoS 정보가 고려된 수율 최대화 자원할당 방법을 설명하는 일실시예 흐름도이다. 도 5는 본 발명에 따른 혼합 메트릭을 생성하는 방법을 설명하기 위한 일실시예 상세 흐름도이다.

<119> 우선, 각각의 사용자 단말(MS; Mobile Station)에 대하여 채널상태정보(SC 매트릭스), 인접셀 간섭정보, QoS 정보를 획득한다(S410).

<120> 이어서, 상기 획득된 정보들을 이용하여 계산된 혼합 메트릭(Unified Metric)이 가장 큰 사용자들을 각 서브 밴드에 할당한다(S420). 초기에는 모든 서브 밴드가 사용자들에게 할당 가능하다.

<121> 상기 혼합 메트릭(Unified Metric)을 구하기 위하여, 우선 QoS 정보 획득부(380)가 각 사용자의 상위계층 QoS 파라미터를 이용하여 QoS 메트릭(QoS_Metric)을 생성한다(S510). 그리고 빔형성/공간구분부(340)는 채널상태정보/인접셀간섭정보획득부(370)에서 획득된 SC 메트릭스와 인접셀간섭정보를 이용하여 수율최대화메트릭(TM_Metric)을 생성한다(S520). 마지막으로, 서브밴드할당부(320)는 상기 QoS 메트릭(QoS_Metric) 및 상기 수율최대화메트릭(TM_Metric)를 이용하여 각각의 사용자의 서브 밴드별 혼합 메트릭(Unified Metric)을 계산한다(S530).

<122> 한편, 상기 빔형성/공간 구분부(340)는 상기 채널 할당으로 인하여 변경된 동일 채널 사용자들의 IPF 및 RIF를 업데이트한다(S430).

<123> 이후, 각 서브 밴드에 대하여 전송 안테나 수만큼 사용자를 할당했거나 더 이상 SDMA로 인한 이득이 없는 경우, 상기 서브밴드 할당부(320)는 할당 가능 리스트에서 해당 서브 밴드를 제거한다(S440). SDMA로 인한 이득이 없는 경우라 함은 각 서브 밴드에 대하여 할당된 모든 사용자들의 RIF가 0이하인 경우를 의미한다.

<124> 이어서, 할당 가능 리스트가 남아있는 경우에는 상기 단계 S420으로 리턴하며, 할당 가능 리스트가 남아있지 않는 경우에는 각각의 사용자에게 할당된 자원을 통하여 다음 프레임 구간 전까지 패킷을 전송한다(S450, S460).

<125> 상술한 바와 같은 본 발명의 방법은 프로그램으로 구현되어 컴퓨터로 읽을 수 있는 형태로 기록매체(씨디롬, 램, 롬, 플로피 디스크, 하드 디스크, 광자기 디스크 등)에 저장될 수 있다. 이러한 과정은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있으므로 더 이상 상세히 설명하지 않기로 한다.

<126> 이상에서 설명한 본 발명은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하므로 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니다.

발명의 효과

<127> 상기와 같은 본 발명은, OFDM/SDMA 기반 셀룰러 시스템에서 하향링크로 자원을 할당함에 있어 MAC 계층 이상의 상위 계층에서의 QoS 파라미터(High Layer QoS parameter)를 고려함으로써, 시스템 수율 손실을 최소화하면서 상위 계층에서의 QoS(High Layer QoS) 를 보장할 수 있는 효과가 있다.

<128> 또한, 본 발명은 다중 셀(Multi-Cell) 환경에서 기인하는 인접 셀 간섭 정보를 자원 할당에 고려할 수 있도록 함으로써, 다중 셀(Multi-Cell) 환경에서도 인접 셀 간섭으로 인한 시스템의 성능 열화를 방지할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1은 수율 최대화 자원할당 방법에 따라 동작하는 OFDM/SDMA 기지국의 일실시예 구성도,

<2> 도 2는 도 1의 기지국에서 수행되는 수율 최대화 자원할당 방법을 설명하는 일실시예 흐름도,

<3> 도 3은 본 발명에 따른 자원할당 방법에 따라 동작하는 OFDM/SDMA 기지국의 일실시예 구성도,

<4> 도 4는 도 2의 기지국에서 수행되는 인접셀 간섭정보 및 QoS 정보가 고려된 수율 최대화 자원할당 방법을 설명하는 일실시예 흐름도,

<5> 도 5는 본 발명에 따른 혼합 메트릭을 생성하는 방법을 설명하기 위한 일실시예 상세 흐름도이다.

<6> * 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

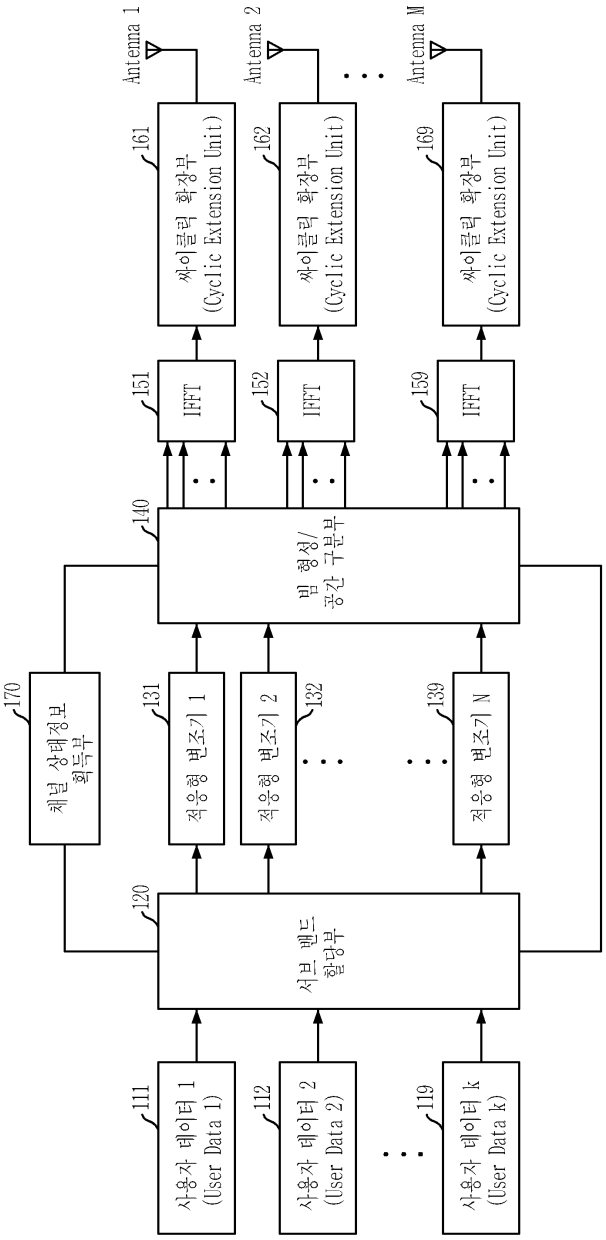
<7> 320: 서브밴드 할당부 340: 빔형성/공간구분부

<8> 370: 채널상태정보/인접셀간섭정보 획득부

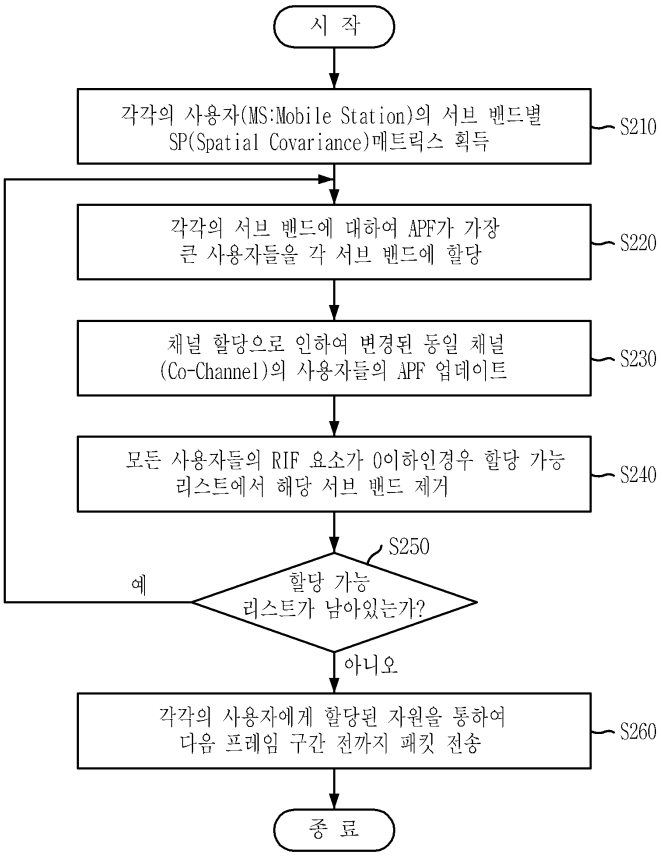
<9> 380: QoS 정보 획득부

도면

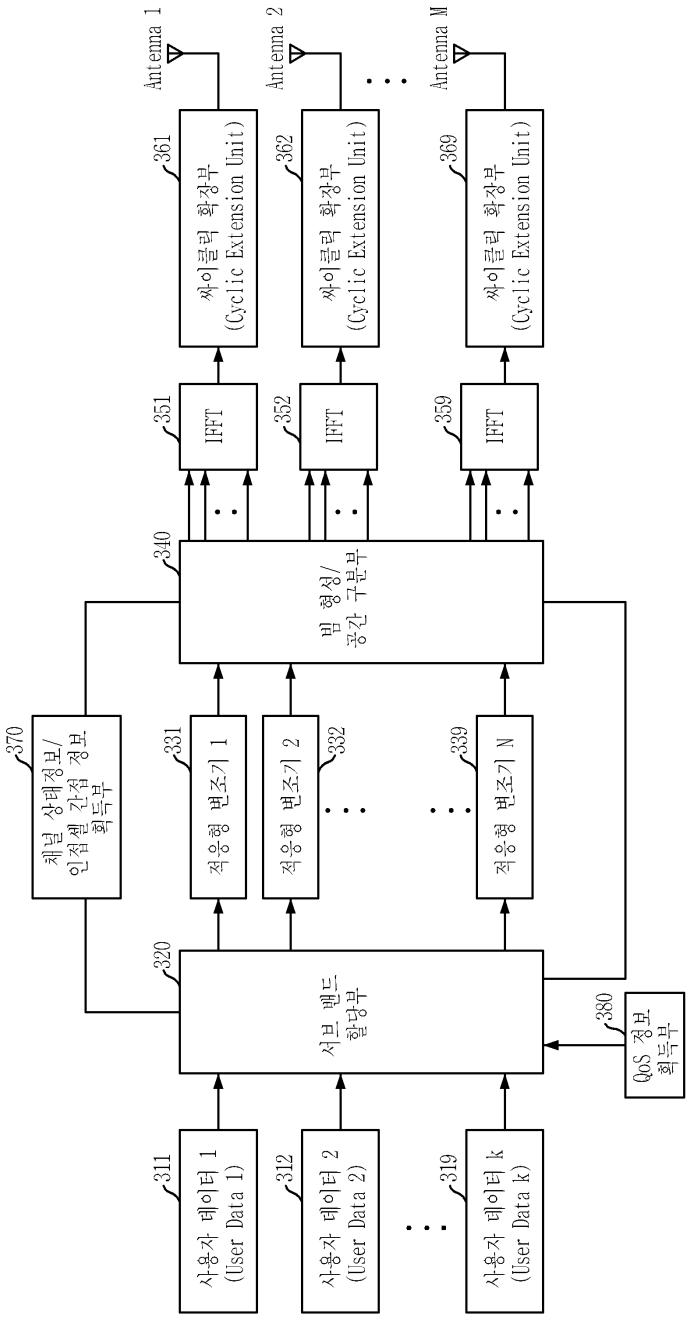
도면1


Antenna 1
Antenna 2
Antenna M
161
162
169
싸이클릭 확장부 (Cyclic Extension Unit)
151
152
159
IFFT
140
빔 형성/ 공간 구분부
170
채널 상태정보 획득부
131
132
139
적응형 변조기 1
적응형 변조기 2
적응형 변조기 N
120
서브 밴드 할당부
111
112
119
사용자 데이터 1 (User Data 1)
사용자 데이터 2 (User Data 2)
사용자 데이터 k (User Data k)

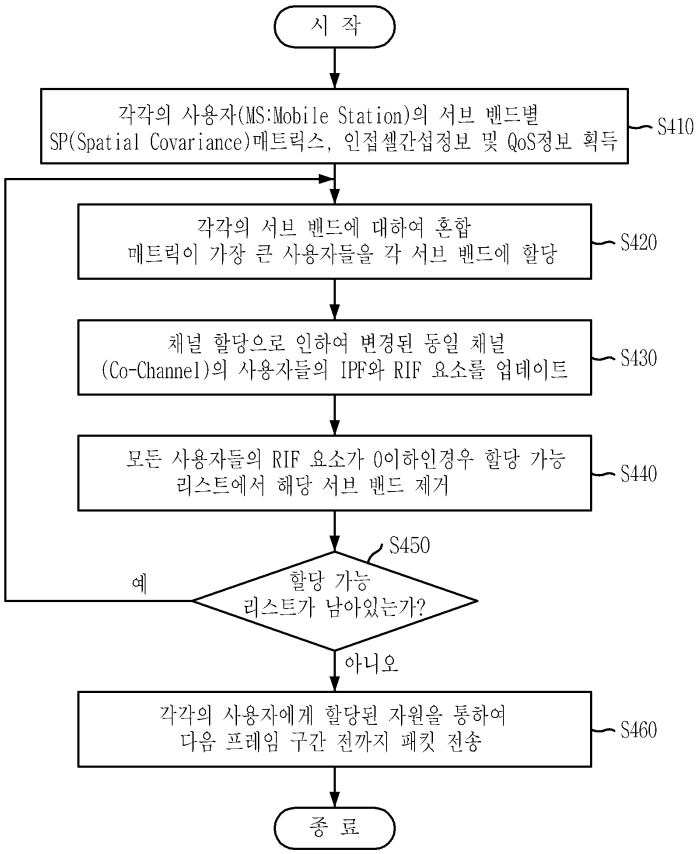
도면2


시 작
각각의 사용자(MS:Mobile Station)의 서브 밴드별 SP(Spatial Covariance)매트릭스 획득
S210
각각의 서브 밴드에 대하여 APF가 가장 큰 사용자들을 각 서브 밴드에 할당
S220
채널 할당으로 인하여 변경된 동일 채널(Co-Channel)의 사용자들의 APF 업데이트
S230
모든 사용자들의 RIF 요소가 0이하인경우 할당 가능 리스트에서 해당 서브 밴드 제거
S240
S250
할당 가능 리스트가 남아있는가?
예
아니오
각각의 사용자에게 할당된 자원을 통하여 다음 프레임 구간 전까지 패킷 전송
S260
종 료

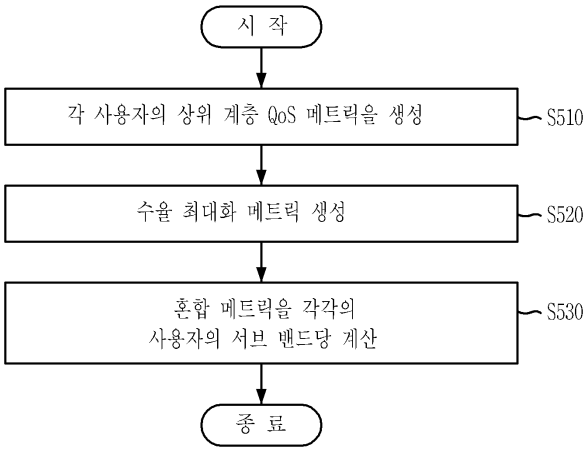
도면3


Antenna 1
Antenna 2
Antenna M
361
362
369
싸이클릭 확장부
(Cyclic Extension Unit)
351
352
359
IFFT
340
빔 형성/
공간 구분부
370
채널 상태정보/
인접셀 간섭 정보
획득부
331
332
339
적응형 변조기 1
적응형 변조기 2
적응형 변조기 N
320
서브 밴드
할당부
380
QoS 정보
획득부
311
312
319
사용자 데이터 1
(User Data 1)
사용자 데이터 2
(User Data 2)
사용자 데이터 k
(User Data k)

도면4


시 작
각각의 사용자(MS:Mobile Station)의 서브 밴드별 SP(Spatial Covariance)매트릭스, 인접셀간섭정보 및 QoS정보 획득
S410
각각의 서브 밴드에 대하여 혼합 메트릭이 가장 큰 사용자들을 각 서브 밴드에 할당
S420
채널 할당으로 인하여 변경된 동일 채널 (Co-Channel)의 사용자들의 IPF와 RIF 요소를 업데이트
S430
모든 사용자들의 RIF 요소가 0이하인경우 할당 가능 리스트에서 해당 서브 밴드 제거
S440
S450
할당 가능 리스트가 남아있는가?
예
아니오
각각의 사용자에게 할당된 자원을 통하여 다음 프레임 구간 전까지 패킷 전송
S460
종 료

도면5


시 작
각 사용자의 상위 계층 QoS 메트릭을 생성
S510
수율 최대화 메트릭 생성
S520
혼합 메트릭을 각각의 사용자의 서브 밴드당 계산
S530
종 료