



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0076625
(43) 공개일자 2008년08월20일

(51) Int. Cl.

H04B 7/15 (2006.01) H04B 7/14 (2006.01)

H04B 7/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0016814

(22) 출원일자 2007년02월16일

심사청구일자 2007년02월16일

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 매탄동 416

서강대학교산학협력단

서울 마포구 신수동 1-1 서강대학교

(72) 발명자

김병직

경기도 성남시 분당구 구미동 221

황성택

경기도 평택시 독곡동 대림아파트 102동 303호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이건주

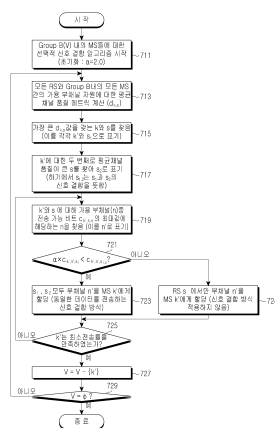
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 유선 중계국을 활용한 셀룰러 시스템에서 중계국간 선택적신호 결합을 통한 셀 용량 증대 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 유선 중계국(Relay Station : RS)을 활용한 셀룰러 시스템에서 중계국간 선택적 신호 결합(optional signal combining)을 통한 셀 용량 증대 방법에 있어서, 기지국(Base Station : BS)에서 해당 셀 내의 RS들 또는 이동 단말기(Mobile Station : MS)로부터 직접 각 커버리지 영역 내의 MS의 전송 신호의 평균 채널 품질(average Carrier-to-Interference ratio : C/I)값을 피드백 받는 과정과, 각 MS를 C/I값에 따라 두 그룹으로 분류하는 과정과, 분류한 그룹 중 미리 설정된 임계값(I) 이상의 C/I값을 갖는 그룹에 속한 MS들에 대해 해당 RS로부터 우선적으로 최소전송률(minimum data rate)을 만족하는 자원 할당을 수행하는 과정과, 분류한 그룹 중 임계값 이하의 C/I값을 갖는 그룹에 속한 MS들에 대해 C/I값이 가장 양호한 두개의 RS만을 고려하여 선택적 신호 결합(optional signal combining) 방식을 적용하여 자원 할당을 수행하는 과정과, 각 RS 별 모든 미할당 부채널에 대해 해당 RS의 MS들 중 C/I값이 높은 MS순으로 각 RS의 미할당 부채널이 더 이상 존재하지 않을 때까지 추가로 미할당 부채널을 할당하는 과정을 포함함을 특징으로 한다.

대표도 - 도7



(72) 발명자

성원진

서울특별시 서초구 잠원동 60-7 녹원한신아파트
101동 505호

최진우

서울 서초구 반포4동 서래아파트 4동 604호

박중현

서울특별시 서초구 서초동 1629-9

김중현

서울특별시 동작구 사당2동 142-17호 4층

특허청구의 범위

청구항 1

유선 중계국(Relay Station : RS)을 활용한 셀룰러 시스템에서 중계국간 선택적 신호 결합(optional signal combining)을 통한 셀 용량 증대 방법에 있어서,

기지국(Base Station : BS)에서 해당 셀 내의 상기 RS들 또는 이동 단말기(Mobile Station : MS)로부터 직접 각 커버리지 영역 내의 상기 MS의 전송 신호의 평균 채널 품질(average Carrier-to-Interference ratio : C/I)값을 피드백 받는 과정과,

상기 각 MS를 상기 C/I값에 따라 두 그룹으로 분류하는 과정과,

상기 분류한 그룹 중 미리 설정된 임계값(I) 이상의 C/I값을 갖는 그룹에 속한 MS들에 대해 해당 RS로부터 우선적으로 최소전송률(minimum data rate)을 만족하는 자원 할당을 수행하는 과정과,

상기 분류한 그룹 중 상기 임계값 이하의 C/I값을 갖는 그룹에 속한 MS들에 대해 상기 C/I값이 가장 양호한 두 개의 RS만을 고려하여 선택적 신호 결합(optional signal combining) 방식을 적용하여 자원 할당을 수행하는 과정과,

상기 각 RS 별 모든 미할당 부채널에 대해 해당 RS의 MS들 중 상기 C/I값이 높은 MS순으로 상기 각 RS의 상기 미할당 부채널이 더 이상 존재하지 않을 때까지 추가로 상기 미할당 부채널을 할당하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 중계국간 선택적 신호 결합을 통한 셀 용량 증대 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 각 MS를 상기 C/I값에 따라 상기 두 그룹으로 분류하는 과정은

상기 BS에서 각 RS로부터의 전송받을 수 있는 각각의 평균 전송 비트를 계산하는 단계와,

상기 계산된 평균 전송 비트값 중 최대값을 가지는 RS를 구하는 단계와,

상기 최대값을 가지는 RS에 해당하는 평균 전송 비트와 상기 미리 설정된 임계값을 비교하는 단계와,

상기 비교 결과에 따라 해당 MS의 그룹을 두 그룹으로 분류하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 중계국간 선택적 신호 결합을 통한 셀 용량 증대 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 임계값 이상의 상기 C/I값을 갖는 MS들에 대해 상기 최소전송률을 만족하는 자원 할당을 수행하는 과정은

상기 BS에서 상기 각 MS에게 부채널을 할당하기 위해 할당되지 않은 부채널 중 상기 임계값 이상의 상기 C/I값을 갖는 그룹에 속한 상기 MS들에 대한 상기 C/I값이 높은 상기 부채널을 선택하는 단계와,

해당 MS에 대한 상기 최소전송률을 만족할 때까지 반복하여 부채널을 할당하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 중계국간 선택적 신호 결합을 통한 셀 용량 증대 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 임계값 이하의 상기 C/I값을 갖는 MS들에 대해 상기 선택적 신호 결합 방식을 적용하여 자원 할당을 수행하는 과정은

해당 그룹에 속한 RS의 신호 결합 조건에 관한 파라미터 α 를 모의실험을 통한 최적값인 $\alpha=2$ 로 정의하는 단계와,

해당 그룹에 속한 모든 RS와 MS간의 가용 부채널 자원에 대한 상기 C/I값을 하기의 수학적 식 9를 이용하여 계산하는 단계와,

상기 BS에서 상기 C/I값이 가장 큰 RS와 MS의 조합을 찾는 단계와,

두 번째로 C/I값이 큰 RS와 MS의 조합을 찾아 하기의 수학적 식 10의 조건을 검사하는 단계와,

상기 수학적 식 10의 조건을 만족하는 경우, 상기 C/I값이 가장 큰 RS와 상기 두 번째로 큰 RS의 신호 결합을 적용하는 단계와,

상기 수학적 식 10의 조건을 만족하지 않는 경우, 상기 C/I값이 가장 큰 RS에 대해서만 해당 부채널을 할당하는 단계와,

해당 MS의 상기 최소전송률을 만족할 때까지 반복하여 상기 부채널을 할당하는 단계를 포함하며,

상기의 각 단계들을 해당 그룹의 모든 MS에 대해 반복 수행함을 특징으로 하는 중계국간 선택적 신호 결합을 통한 셀 용량 증대 방법.

수학적 식 9

$$d_{k,s} = \frac{1}{N_s} \sum_{n=1}^N c_{k,n,s} (1 - [\rho_{n,s}])$$

상기 수학적 식 9에서 N_s 는 RS 별 할당이 이루어지지 않은 부채널의 수이며, RS 는 $s(=1,2,\dots,S)$, 부채널은 $n(=1,2,\dots,N)$, MS는 $k(=1,2,\dots,K)$ 로 정의하고, $c_{k,n,s}$ 는 MS k 가 RS s 에서 받는 부채널 n 에 대한 신호 레벨을 고려하여 목표(target) BER(Bit Error Rate)을 만족하는 전송 비트 수로 정의하고, $\rho_{n,s}$ 는 RS s 의 부채널 n 을 MS k 가 사용할 경우 그 값은 k 가 되고, 그렇지 않은 경우 0 값을 갖는 파라미터로 정의한다.

수학적 식 10

$$\alpha \times C_{k',n',s_1} < C_{k',n',s_{1,2}}$$

상기 수학적 식 10은 선택적 신호 결합이 적용되는 조건 수식으로, α 는 신호 결합 조건에 관한 파라미터로 정의하고, 해당 그룹 내에서 가장 큰 C/I값을 가지는 MS를 k' 이라 정의하고, C/I값이 가장 큰 RS와 두 번째로 큰 RS를 각각 s_1, s_2 로 정의하고, k' 와 s_1 에 대해 가용 부채널(n) 중 전송 가능 비트의 최대값에 해당하는 부채널을 n' 으로 정의한다.

청구항 5

유선 중계국(Relay Station : RS)을 활용한 셀룰러 시스템에서 중계국간 선택적 신호 결합(optional signal combining)을 통한 셀 용량 증대 장치에 있어서,

상기 각 RS 및 이동 단말기(Mobile Station : MS)로부터 상기 MS의 신호를 수신 받아 상기 각 RS 및 MS로 데이터를 수신 하는 기지국(Base Station : BS)과,

해당 커버리지의 MS들의 정보를 상기 BS로 전달하며, 해당 MS로 자원 할당을 수행하는 다수의 유선 중계국(RS)과,

상기 MS 및 상기 각 RS들로부터 자원 할당을 수행 받아 업데이트하는 다수의 이동 단말기(MS)를 포함함을 특징으로 하는 중계국간 선택적 신호 결합을 통한 셀 용량 증대 장치.

청구항 6

제 5항에 있어서, 상기 기지국(BS)은

상기 각 RS 및 MS로 상기 MS의 전송 신호의 평균 채널 품질(average Carrier-to-Interference ratio : C/I)을 피드백 받아 통합적으로 자원 할당 및 스케줄링을 수행함을 특징으로 하는 중계국간 선택적 신호 결합을 통한 셀 용량 증대 장치.

청구항 7

제 5항에 있어서, 상기 중계국(RS)은

해당 커버리지의 MS들의 관련 정보를 상기 BS로 전달하며, 해당 MS로 전송될 패킷들에 대해 독립적으로 스케줄링을 수행하며, 상기 BS로부터 해당 MS로 자원 할당을 수행함을 특징으로 하는 중계국간 선택적 신호 결합을 통

한 셀 용량 증대 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <9> 본 발명은 전용회선을 이용한 중계국(Relay Station : RS)을 포함하는 셀룰러 통신 시스템에서 무선 자원 관리(Radio Resource Management : RRM) 기법에 관한 것으로, 특히, 상기 RS의 전송 가능 영역의 경계 지역(coverage boundary)에 위치한 이동 단말기(Mobile Station : MS)의 협력적 스케줄링을 통해 인접한 두개의 RS로부터 동일한 자원을 할당 받음으로써, 신호 결합(signal combining)에 의한 채널의 전송 품질(Quality of Service : QoS)을 향상 시켜 셀 전체 전송 용량의 증대를 가져오는 기술에 관한 것이다.
- <10> 통신 시스템의 지속적인 발전을 위한 중요한 요소 기술 중 하나는 효율적인 주파수 자원의 운용 및 분배이며, 이를 위해 기존의 셀 당 하나의 기지국(Base Station : BS)으로부터 MS로의 직접 전송만을 허용하는 단일 홉(Single-hop) 전송 방식에서부터 확장된 멀티 홉(Multi-hop) 전송 방식들이 널리 사용되어 왔다. 멀티 홉 전송을 지원하는 시스템에서는 기지국로부터의 신호가 중계국을 거쳐 이동 단말기로 전송되며, 기지국으로부터 이동 단말기로의 직접 전송도 가능하다. 단일 홉 시스템은 중계기가 없이 셀 당 하나의 기지국이 있고 단말기 또는 이동 단말기가 별도의 중계 없이 기지국과 직접 연결되는 구조이다. 여기에 기지국과 이동 단말기 사이에 중계기를 추가 설치하여 셀 경계(cell boundary) 지역 혹은 음영 지역에 있는 이동 단말기의 수신 신호 성능을 개선하기 위한 것이 중계기 시스템이다. 멀티 홉 전송 방식 중에서는 BS와 RS간 링크를 무선으로 연결하는 무선 멀티 홉 전송 방식이 널리 사용되어 왔다.
- <11> 기지국과 중계국 사이의 링크에 따라 유선 광(optical fiber) RS 또는 무선-RF(Radio Frequency) 중계국 구조로 나눌 수 있다. 유선 RS의 경우 신호 감쇄가 적은 장점이 있는 반면 이동성이 없고, 무선 RS은 저렴한 가격에 설치가 가능한 반면 MS가 원하는 신호와 간섭(interference) 신호의 구분 없이 모든 수신 신호를 증폭하여 브로드캐스팅(broadcasting) 한다는 단점이 있다. 최근에는 상기 무선 멀티 홉 시스템의 BS-RS간 데이터 전송에 필요한 자원을 절약하기 위해 BS-RS 링크를 유선 광으로 대체하여 MS들에게 전송할 수 있는 자원을 더 많이 확보하고, BS-RS 유선 링크를 통해 더욱 효과적인 중앙집중식 RRM 기법을 적용하기 위한 연구가 많이 수행되고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <12> 본 발명은 유선 RS(Relay Station)을 활용한 셀룰러 시스템에서, 인접한 RS들로부터의 부채널별 채널 정보를 활용하여 RS 커버리지 경계(Coverage Boundary) 지역에 있는 MS(Mobile Station)들을 선택적 신호 결합(optional signal combining)에 의해 채널 상태를 개선시킴으로써, 전체적으로 셀 전송 용량을 증대시키고 MS들의 QoS(Quality of Service) 작동불능 확률(outage probability)의 감소를 실현하고자 한다.
- <13> 이를 달성하기 위한 본 발명의 일 견지에 따르면, 유선 중계국(Relay Station : RS)을 활용한 셀룰러 시스템에서 중계국간 선택적 신호 결합(optional signal combining)을 통한 셀 용량 증대 방법에 있어서, 기지국(Base Station : BS)에서 해당 셀 내의 RS들 또는 이동 단말기(Mobile Station : MS)로부터 직접 각 커버리지 영역 내의 MS의 전송 신호의 평균 채널 품질(average Carrier-to-Interference ratio : C/I)값을 피드백 받는 과정과, 각 MS를 C/I값에 따라 두 그룹으로 분류하는 과정과, 분류한 그룹 중 미리 설정된 임계값(Γ) 이상의 C/I값을 갖는 그룹에 속한 MS들에 대해 해당 RS로부터 우선적으로 최소전송률(minimum data rate)을 만족하는 자원 할당을 수행하는 과정과, 분류한 그룹 중 임계값 이하의 C/I값을 갖는 그룹에 속한 MS들에 대해 C/I값이 가장 양호한 두개의 RS만을 고려하여 선택적 신호 결합(optional signal combining) 방식을 적용하여 자원 할당을 수행하는 과정과, 각 RS 별 모든 미할당 부채널에 대해 해당 RS의 MS들 중 C/I값이 높은 MS순으로 각 RS의 미할당 부채널이 더 이상 존재하지 않을 때까지 추가로 미할당 부채널을 할당하는 과정을 포함함을 특징으로 한다.
- <14> 본 발명의 다른 견지에 따르면, 유선 중계국(Relay Station : RS)을 활용한 셀룰러 시스템에서 중계국간 선택적 신호 결합(optional signal combining)을 통한 셀 용량 증대 장치에 있어서, 각 RS 및 이동 단말기(Mobile Station : MS)로부터 MS의 신호를 수신 받아 각 RS 및 MS로 데이터를 수신 하는 기지국(Base Station : BS)과,

해당 커버리지의 MS들의 정보를 BS로 전달하며, 해당 MS로 자원 할당을 수행하는 다수의 유선 중계국(RS)과, MS 및 각 RS들로부터 자원 할당을 수행 받아 업데이트하는 다수의 이동 단말기(MS)를 포함함을 특징으로 한다.

발명의 구성 및 작용

- <15> 이하 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 하기 설명에서는 구체적인 구성 소자 등과 같은 특정 사항들이 나타나고 있는데 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐 이러한 특정 사항들이 본 발명의 범위 내에서 소정의 변형이나 혹은 변경이 이루어질 수 있음은 이 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 자명하다 할 것이다.
- <16> 유선 RS를 활용한 셀룰러 시스템의 경우, 상기 언급한 바와 같이 BS-RS간 데이터 전송을 위한 추가 대역이 필요하지 않고 BS를 포함하여 RS에서 각각 병렬적으로 RRM을 수행할 수 있다. 이 때 MS들이 어느 RS에 속하여 데이터를 전송받는지 결정하는 과정(RS selection)에 대해, 각 RS로부터 MS로의 전송 신호의 평균 채널 품질(average Carrier-to-Interference ratio : C/I)에 따라 가장 큰 C/I를 갖는 RS로 해당 MS를 소속시키는 방식과, C/I 정보뿐만 아니라 각 RS별로 소속된 MS의 수(traffic amount)를 고려하여 적절히 MS를 분산하여 소속시키는 방식을 고려할 수 있고, 또한, 복잡도가 증가한다는 단점이 있지만 RS 커버리지 경계 지역에 위치한 MS의 경우 인접 RS로부터의 평균 C/I 정보만을 고려하지 않고 각 부채널(subchannel)별로 C/I를 비교해 효과적이고 높은 전송 용량을 얻는 방식 등을 고려할 수 있다. 상기의 RS 선택과정에 이어 부채널별 자원을 할당하는 과정에 대해서 살펴보면, 각 부채널별로 C/I가 가장 큰 MS에게 해당 부채널을 할당하는 방식(max C/I)과, 추가적으로 고려하는 조건 수식(metric)으로, 현재까지 할당 받은 데이터량이 많은 MS는 자원 할당 시에 상대적으로 낮은 우선 순위를 갖게 하는 PF(Proportional Fairness) 방식이 있고, 해당 RS에 소속된 MS들간의 자원 할당을 아무런 우선 순위 없이 부채널별로 균등하게 순환적으로 수행하는 RR(Round Robin) 방식 등도 고려할 수 있다.
- <17> 도 1은 본 발명이 적용되는 유선 RS를 활용한 셀룰러 시스템의 개략적인 일 예시 블록 구성도로서, RS의 개수를 6개로 가정한 유선 RS 시스템의 구조를 나타낸다. 도 1에 도시된 바와 같이, 하나의 셀은 한 개의 BS와 6개의 RS(RS1~RS6)으로 구성될 수 있으며, 각 RS는 해당 서브-셀(sub-cell) 영역을 커버하게 된다. 이러한 유선 RS 시스템은 도 1에서 볼 수 있듯이 한 개의 셀이 RS로 인하여 7개의 셀로 분할(cell split)되는 효과를 가져온다. 셀 경계 안에 위치한 MS들은 해당 RS로부터 원활하게 서비스를 받고, 셀 경계(cell boundary)에 위치해 있어 수신이 상대적으로 잘 안되는 MS들은 인접 RS들로부터 서비스를 받는다.
- <18> 그러나 이동 단말기가 중계국 커버리지 경계에 위치해 있을 때, 중계국 커버리지 경계에 위치한 단말기들은 각 중계국들로부터 할당 받는 부채널의 신호 레벨이 달라 일정하게 자원 할당이 수행되기 어렵다. 셀 전체적으로 볼 때, 요구되는 전송 품질(Quality of Service : QoS), 즉, 데이터 최소전송률을 만족시키는 조건 하에서 셀 전체의 전송 용량(cell throughput) 및 QoS 작동불능 확률(outage probability)은 기존의 RRM 기법으로는 충분한 기대치를 이끌어내기가 힘들다. 예를 들어 전송 용량을 극대화하는 것만을 목적으로 했을 때 상기 'max C/I' 방식을 사용하면 전송 용량이 극대화 되지만 MS간 공평성 성능 지표에 큰 열화가 발생한다. 즉, 특정 MS에 전송 용량이 몰리게 되어 다른 MS에서는 원활한 전송이 수행되기 어렵다. 반대로 공평성을 목표로 하게 되면 비효율적으로 자원이 사용 되어 전송 용량 측면에서 열화가 발생하게 된다. 이 같은 한계점은 어떤 RRM 기법이나, 어떤 효과적인 RS 선택 기법을 적용하더라도 하나의 MS가 하나의 RS에 소속되어 자원을 할당 받는다는 전제 내에서는 그 한계를 넘을 수 없다.
- <19> 상기 도 1에서 언급한 점을 고려할 때, 본 발명에서는 먼저 RS 커버리지 경계 지역 안에 위치한 MS들에게 자원을 할당한 후, 기본적으로 RS 커버리지 경계 지역에 위치한 MS들에 대해서는 RS 선택 과정과 부채널별 자원 할당 과정을 동시에 고려하면서, 부채널별로 인접 두 개의 RS로부터의 신호를 결합하는 것이 전송 용량을 더 증대시키는지를 비교하여 선택적으로 신호를 결합(optional signal combining)하여 원활한 자원 할당을 수행하는 새로운 구성을 제안한다.
- <20> 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 유선 RS를 활용한 셀룰러 시스템에서 인접한 두 중계국 커버리지 경계 지역의 신호 결합 구성도이다. RS 커버리지 경계 지역에 위치한 MS는 인접 RS들로부터의 신호 세기가 비슷하여 낮은 C/I 값의 채널 상태를 보인다. 이 경우 해당 MS는 인접한 RS들 중 가장 높은 C/I값을 가지는 RS와 두 번째로 높은 C/I값을 가지는 RS간의 신호를 선택적으로 결합하여 전송하면, 해당 MS의 C/I값이 향상되어 높은 전송률의 데이터를 수신 받을 수 있게 된다. 이 경우 해당 MS는 수신 신호의 특별한 신호 처리 과정 없이 해당 부채널의 데이터를 복조하기만 하면 되고, 이미 자원 할당 과정에서 해당 부채널의 채널 상태를 높은 C/I 값을 갖도록 신호 결합을 적용하였기 때문에 MS에서 별도의 신호 처리 과정은 필요하지 않다. 도 2를 보면 Group B에 있는 MS의 경우 RS1과 RS2의 가용 부채널 자원의 상태에 따라 신호 결합이 적용 가능하다. 도 2에서 'Used'로 표기된

부분은 Group A의 자원할당 과정에서 이미 할당된 자원을 나타낸다. 신호 결합 시에는 이러한 자원 외의 양쪽 RS에서 모두 가용 상태에 있는 동일한 자원을 할당하여 동일한 데이터를 실어 전송함으로써 상기 RS1-RS2간 신호를 원하는 수신 신호 성분으로 개선시킬 수 있다. 도 3에서 그래프를 비교하며 셀 용량 증대에 대해 설명하기로 하겠다.

<21> 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 유선 RS를 활용한 셀룰러 시스템에서 인접한 두 RS의 신호에 대한 C/I 이득과 상기 두 신호를 결합한 신호에 대한 C/I 이득의 비교 그래프이다. 도 3을 참조하면, 신호 결합을 하기 전의 RS1과 RS2의 평균 C/I는 0dB(decibel)을 나타내고 있음을 알 수 있다. 중계국 커버리지 경계 지역 안에 위치한 이동 단말기들은 상기 평균 C/I의 0dB만으로도 원활한 자원 할당이 가능하다. 하지만 중계국 커버리지 경계 지역에 위치한 이동 단말기들은 인접 중계국의 신호 간섭으로 인해 심각한 간섭을 겪게 된다. 이 간섭으로 인해 실제로 중계국 커버리지 경계 지역에 위치한 단말기들의 평균 C/I는 0dB 이하로 떨어져 서비스 품질이 저하되어 수신감도가 좋지 않거나 작동 불능 상태가 발생한다. 이제 RS1과 RS2의 신호를 결합한 신호의 그래프를 참조하면, 신호 결합 후 평균 C/I는 12dB을 나타내고 있다. 이는 신호 결합 전 평균 C/I 이득에 비해 12dB이 개선된 수치이다. 평균 C/I의 이득이 개선되어 중계국 커버리지 경계 지역에 위치한 이동 단말기들의 원활한 자원 할당을 가능하게 하여 서비스 품질이 향상된다.

<22> 본 발명에 따라 제안된 C/I 이득에 따라 미리 정의된 변조 및 채널 코딩 조합에 대한 레벨인 MCS(Modulation and Coding Selection) 레벨의 변화를 하기의 표 1에 나타내었다.

표 1

MODULATION AND CODING SCHEME FOR IEEE802.16E

MCS level	C/I (dB)	modulation	Coding rate	Number of transmitted bits
1	-3.4	QPSK	1/12	1/6
2	-0.95	QPSK	1/6	1/3
3	1.65	QPSK	1/3	2/3
4	4.65	QPSK	1/2	1
5	8.45	QPSK	2/3	4/3
6	10.05	16 QAM	1/2	2
7	14.30	16 QAM	2/3	8/3
8	14.25	64 QAM	1/2	3
9	19.50	64 QAM	2/3	4
10	27.30	64 QAM	5/6	5

<23> <24> 상기 표 1을 참조하면, C/I의 이득이 0dB일때는 MCS 레벨이 3이지만, C/I의 이득이 두 신호를 결합한 신호의 이득이 12dB일때는 MCS 레벨이 7까지 올라가는 것을 볼 수 있다. MCS 레벨이 올라감에 따라 신호 결합을 통한 평균 C/I를 향상시킴으로써, 기존의 0.33 bit/subcarrier의 전송 용량이 2.00 bit/subcarrier로 향상되어 주파수 효율도 향상되었음을 알 수 있다. 물론 신호 결합으로 인해 자원이 중복으로 사용되어 적절한 신호 결합이 이루어지지 않을시 오히려 전체적인 전송 용량이 감소할 수도 있지만, 적절한 신호 조합을 찾아 신호 결합을 하게 되면 자원의 중복 사용량을 고려하더라도 큰 성능 이득을 기대할 수 있다. 도4에서 상기의 선택적 신호 결합을 적용한 전체적인 MS들의 자원 할당의 흐름에 대해 알아보기로 하겠다.

<25> 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 그룹(Group) B에 대한 선택적 신호 결합(optional signal combining) 방식을 적용한 전체적인 이동 단말기(Mobile Station)들의 자원 할당에 대한 흐름도이다. 도 4를 참조하면, 먼저 411단계에서 BS 는 모든 RS들 또는 MS로부터 직접 각 커버리지 영역 내의 MS의 C/I를 피드백 받는다. 이러한 C/I정보들을 이용하여 도 4의 각 단계에 표기된 '스텝(STEP) 1'부터 '스텝 4'까지의 자원 할당이 수행된다. 413 단계를 살펴보면 피드백 받은 C/I 정보들을 이용하여 BS는 MS를 그룹A와 그룹B로 분류하고 415단계로 진행한다. 415단계에서는 분류된 그룹 중 그룹A에 속한 MS들에 대해서 RS별로 자원 할당이 이루어지는데, 이는 각각의 RS에서 병렬적으로 수행하거나 BS에서 일괄 수행이 가능하다. 그룹A의 MS에 대한 자원 할당 과정이 끝나면 417단계에서 그룹B에 속한 MS에 대해 415단계에서 할당되지 않은 부채널을 활용하여 RS 선택과 자원 할당을 동시에 수행하게 된다. 상기 각 그룹에 자원 할당의 수행이 완료되면 419단계로 진행한다. 419단계에서는 남아 있는 미 할당 부채널에 대해 추가 자원 할당이 이루어진다. 이 과정으로 셀 전체의 전송 용량을 최대화 할 수 있다.

<26> 이제 각 단계에 대한 좀 더 상세한 설명을 위해 각 단계에서 사용되는 파라미터들을 정의하고 상기 파라미터들을 이용한 수학적식을 참조하여 각 단계를 상세하게 설명한다. 본 발명에서는 기본적으로 한 셀 내에 하나의 BS를 포함해서 S개의 RS가 존재하고 K개의 서비스를 원하는 단말기 및 N개의 부채널이 주어진다고 가정하고, 각각의

MS들이 받아야 하는 최소전송률에 해당하는 데이터량을 'Rmin'으로 가정한다. RS s에서 MS k가 갖는 부채널 n의 채널 상태에 따른 전송 가능한 비트 수를 'ck,n,s'로 정의한다. 예를 들어 ck,n,s=2인 경우는 16-QAM으로 R=1/2의 부호율로 전송할 수 있다. RS s의 부채널 n이 MS k에게 할당될 경우를 나타내는 파라미터를 'pn,s'로 나타내고 'pn,s =k'로 정의한다. [pn,s] 함수는 이진 변수로 RS s의 부채널 n의 어떤 MS에게 할당되었는지 할당되지 않았는지를 나타내고 하기의 수학적 식 1로 표현한다.

수학적 식 1

$$[p_{n,s}] = \begin{cases} 1 & \text{if } p_{n,s} \neq 0 \\ 0 & \text{if } p_{n,s} = 0 \end{cases}$$

<27>

유선 RS를 활용한 셀룰러 시스템에서 RS 선택과 자원 할당의 최종 목적은 동작 불능(outage)이 발생하지 않는 상황에서 셀의 전체 전송 용량을 최대화 시키는 것이다. 상기의 파라미터를 적용하여 이를 하기의 수학적 식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 2

$$\text{maximize } \sum_{s=1}^S \sum_{n=1}^N c_{p_{n,s},n,s}$$

$$\text{subject to } \sum_s \sum_n c_{k,n,s} \geq R_{\min} \text{ for } k = 1, \dots, K$$

<29>

상기 수학적 식 2에서 조건 수식(subject) 부분은 모든 MS가 최소전송률을 만족해야 한다는 것을 의미한다. 따라서 pn,s 가 k인 n,s만을 합하게 되고, 이 값이 최소전송률을 만족해야 한다. 이러한 조건 하에서 수학적 식 2의 목적 함수를 최대화하기 위해, 본 발명에서 제시하는 신호 결합을 활용한 자원 할당의 흐름을 이하에서 스텝 순으로 설명하기로 하겠다.

<31>

먼저 스텝 1에서 BS는 각 MS로부터 받은 채널 정보를 가지고 대역의 평균 채널 품질을 계산하고 임계값(Γ) 테스트를 통해 MS를 그룹A와 그룹B로 분류한다. 그룹A는 특정 RS들에서 상대적으로 큰 채널 품질을 갖는 MS로 구성된 그룹으로, 그룹A를 Us로 정의하고 해당 RS 또는 BS로부터 자원 할당을 받게 된다. 평균 채널 품질이 임계값 미만의 값을 가지는 MS들은 그룹B로 분류하고 V로 정의하고 일반적으로 RS 커버리지 경계 지역에 위치한다. MS 그룹화 과정과 임계값의 관계에 대해서 생각해 보면, 만약 임계값이 매우 커진다면 모든 MS들은 그룹B에 속하게 되어 신호 결합으로 인해 좋아진 채널 품질 때문에 성능면에서는 우수하지만 모든 RS-MS 조합을 찾아야 하므로 복잡도가 크게 증가 할 것이다. 만약 임계값이 0을 갖는다면 모든 MS들은 그룹A에 속하게 되어 RS 선택 과정이 불필요하므로 복잡도가 크게 줄어들지만 성능면에서는 떨어질 것이다. 따라서 임계값을 설정하는데 있어서 성능과 복잡도간의 트레이드 오프(trade off) 관계를 고려하여 결정하여야 한다. 상기 스텝(STEP) 1 과정에 대한 상세 흐름도를 도 5에 나타내었다.

<32>

도 5는 셀 내의 모든 이동 단말기(mobile station)의 그룹을 그룹A와 그룹B로 그룹화 하는 과정에 대한 흐름도로서, 도 5를 참조하면, 511단계에서 상기 파라미터에서 정의한 k값을 1로 초기화하고 MS k에 대해 각 RS로부터의 대역의 평균 전송 가능 비트를 계산하고, 이를 하기의 수학적 식 3과 같이 표현한다.

수학적 식 3

$$c_{k,s} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N c_{k,n,s}, \forall s$$

<33>

상기 k에 대한 평균 전송 가능 비트를 계산 후 515단계로 진행한다. 515단계에서는 상기에서 구한 k에 대한 평균 전송 가능 비트값 중 최대값을 찾는다. 최대값을 찾는 과정을 수학적 식으로 표현하면 하기의 수학적 식 4로 표현될 수 있다.

<34>

수학식 4

$$s' = \arg \max_s (c_{k,s})$$

(최대값에 해당하는 s를 s'로 표기)

<35>

<36>

517단계에서 계산한 최대 전송 가능 비트값을 임계값과 비교하여서 임계값보다 계산한 비트값이 크면 519단계의 그룹A로 소속되고, 임계값보다 계산한 비트값이 작으면 520단계의 그룹B에 소속된다. 521단계에서 MS k가 K값을 가지면 종료되고, 가지지 않으면 522단계로 진행되어 K값을 가질 때까지 계속 반복되어 그룹화가 진행된다. 상기 도 5에 대한 구체적인 알고리즘을 수학식으로 표현해 하기 표 2에 나타내었다.

표 2

```

 $U_s = \phi, \forall s, \text{ and } V = \phi$ 
for  $k = 1 : K$ 
    Calculate  $c_{k,s} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N c_{k,n,s}, \forall s$ 
    Select  $s' = \arg \max_s (c_{k,s})$ 
    if  $(c_{k,s'} > \Gamma)$ 
         $U_{s'} = U_{s'} \cup \{k\}$ 
    else
         $V = V \cup \{k\}$ 
    end
end

```

<37>

<38>

다음으로 나누어진 그룹A와 그룹B 중 그룹A의 자원 할당의 흐름을 스텝 2에서 살펴보기로 하겠다. 스텝 2에서는 스텝 1에서 정의한 $U_s (s=1, \dots, S)$, 즉, 그룹A에 속한 각각의 MS들에 대한 자원 할당이 이루어지며, 상기 자원 할당은 각각의 RS에서 병렬적으로 수행하거나 BS에서 일괄 수행이 가능하다. 주어진 RS s에서 최소전송률을 만족할 때까지 U_s 의 각 MS에게 부채널 할당이 이루어지게 된다. 상기 스텝 2 과정에 대한 상세 흐름도를 도 6에 나타내었다.

<39>

도 6은 그룹A의 자원 할당에 대한 흐름도로써, 도 6을 참조하면, 611단계에서 상기 파라미터에서 정의한 s값을 1로 초기화하고 613단계에서 그룹A 내의 RS s에 소속된 MS들에 대한 자원을 가장 채널 품질이 높은 부채널 순서로 최소전송률을 만족할 때까지 할당한다. 상기 613단계에서의 과정을 하기의 수학식 5와 같이 표현한다.

수학식 5

$$n' = \arg \max_n (c_{k_u, n, s} (1 - [\rho_{n, s}]))$$

$$R = R + c_{k_u, n', s}$$

<40>

<41>

상기 수학식 5에서 최소전송률을 만족할 때까지 가장 높은 값을 가지는 부채널(n')순으로 자원을 할당함을 볼 수 있다. 615단계에서 그룹A의 모든 MS에게 자원이 할당되면 상기의 과정이 종료되고, 할당되지 않으면 616단계로 진행하여 할당될 때까지 상기의 과정이 반복 진행된다. 그룹A에 대한 자원 할당이 모두 이루어지면 그룹B에 대한 자원 할당이 이루어지게 된다. 상기 도 6에 대한 구체적인 알고리즘을 수학식으로 표현해 하기 표 3에 나타내었다.

표 3

```

for s = 1 : S
    Us = {k1, k2, ..., ku, ...}
    for u = 1 : |Us|
        R = 0
        while (R < Rmin)
            Select n' = arg maxn (cku, n, s (1 - [ρn, s]))
            R = R + cku, n', s
            ρn', s = ku
        end
    end
end
end
    
```

<42>

<43> 그룹B에 대한 자원 할당의 흐름은 스텝 3에서 설명되어 지는데, 스텝 3은 그룹B에 속한 MS에 대해 상기 스텝 2에서 할당되지 않은 부채널을 하기의 수학식들의 메트릭을 계산하여 활용함으로써, RS 선택 및 자원 할당을 동시에 수행하게 된다. 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 그룹B의 대한 선택적 신호 결합 방식에 의한 자원 할당에 대한 흐름도이다. 상기 스텝 3 과정에 대한 상세 흐름도를 도 7에 나타내었다.

<44> 도 7에서는 먼저 신호 결합 조건에 관한 파라미터를 α로 정의한다. α는 신호 결합시 두개의 RS로부터 같은 부채널을 중복해서 할당하므로, 신호 결합 방식 적용시의 전송 가능 비트수는 RS s1에서의 단독 자원 할당에 의한 전송 가능 비트수의 2배 보다 커야한다는 의미를 담고 있다. α가 작을수록 신호 결합의 적용 빈도 수가 높아지고, 실험을 통해 α=2.0 일때 준최적 고성능의 신호 결합 효과가 충분히 나타남을 확인하였다. 711단계에서 α=2.0으로 초기화 한다. 713단계에서 BS는 모든 RS와 그룹B 내의 모든 MS 간의 가용 부채널 자원에 대한평균적인 채널 품질을 하기의 수학식 6을 이용하여 계산한다.

수학식 6

$$d_{k,s} = \frac{1}{N_s} \sum_{n=1}^N c_{k,n,s} (1 - [\rho_{n,s}])$$

<45>

(Ns: 현재까지 할당되지 않은 부채널의 수)

<46> 상기 수학식 6에서 dk,s는 각 MS별 모든 RS로부터 아직 할당이 이루어지지 않은 부채널들에 대한 평균적인 전송 비트 수로 정의된다. 상기 수학식 6의 값을 통해 715단계에서 BS는 가장 큰 RS s1과 MS k의 조합을 찾아 먼저 부채널을 할당 해주게 된다. 717단계에서 k에 대한 두 번째로 평균 채널 품질이 큰 RS s2를 찾고, 719단계에서 상기 715단계에서 찾은 가장 큰 RS s1과 MS k의 조합을 이용해 가용 부채널(n)중 전송 가능한 비트 ck',n,s1의 최대값에 해당하는 n을 찾는다. 721단계에서 k에 대한 두 번째로 평균 채널 품질이 큰 RS s2를 찾아 하기의 수학식 7의 조건을 검사한다.

수학식 7

$$\alpha \times c_{k',n',s_1} < c_{k',n',s_{1,2}}$$

<47>

<48> 상기 수학식 7은 선택적 신호 결합이 적용되는 조건 수식으로, 만약 상기 수학식 7의 조건을 만족하는 경우 723단계의 두 RS s1, s2의 해당 부채널 자원을 MS k에게 동일하게 할당하는 신호 결합 방식을 적용하게 된다. 만약

조건을 만족하지 않는 경우 724단계의 RS s1의 해당 부채널만을 MS k에게 할당하게 된다. 725단계에서 상기와 같은 과정을 단계 2 수행과 마찬가지로 최소전송률을 만족할 때까지 수행하며, 만약 주어진 메트릭 값이 크더라도 최소전송률을 만족시킬 수 없을 때는 다른 조합을 찾아 MS에게 할당하게 된다. 727단계에서 전체 MS에서 최소전송률을 만족한 MS를 빼준 뒤, 729단계에서 상기 스텝 3의 모든 과정을 그룹B의 모든 MS가 자원 할당을 받을 때 까지 반복 수행된다. 참고로, 시스템 환경이 다르거나 자원 할당 목적의 차이에 따라 상기 α 값은 적절히 변경할 수 있음을 강조해둔다. 상기 도 7에 대한 구체적인 알고리즘을 수학적식으로 표현해 하기 표 4에 나타내었다.

표 4

```

while (  $V \neq \emptyset$  )49

    Calculate  $d_{k,s} = \frac{1}{N_s} \sum_{n=1}^N c_{k,n,s} (1 - [\rho_{n,s}])$ ,  $k \in V$ ,  $\forall s$ 50

    ( $N_s$  = number of unallocated subchannels for RS s)51

    Select  $k', s_1 = \arg \max_{k,s} (d_{k,s})$  s.t.  $\sum_{n=1}^N c_{k',n,s'} (1 - [\rho_{n,s'}]) \geq R_{min}$ 52

    Select  $s_2 = \arg \max_{s (\neq s_1)} (d_{k',s})$ 53

     $R = 0$ 54

    while (  $R < R_{min}$  )55

        Select  $n' = \arg \max_n (c_{k',n,s_1} (1 - [\rho_{n,s_1}]))$ 56

        if (  $\alpha \times c_{k',n',s_1} < c_{k',n',s_2}$  )57

             $R = R + c_{k',n',s_1}$ 58

             $\rho_{n',s_1} = \rho_{n',s_2} = k'$ 59

        else60

             $R = R + c_{k',n',s_1}$ 61

             $\rho_{n',s_1} = k'$ 62

        end63

    end64
    
```

<49>

<50>

스텝 4에서는 스텝 3까지의 전 과정이 완료된 후, 남아 있는 미할당 부채널에 대한 셀 전체 전송 용량을 최대화 하기 위해 추가 자원 할당이 이루어진다. 이는 RS 별로 미할당 부채널에 대해 채널 품질이 가장 좋은 MS에게 해당 부채널을 추가로 할당해주는 과정으로서, 스텝 4의 전 과정은 각 RS의 미할당 부채널이 더 이상 존재하지 않은 시점에서 완료된다. 상기 스텝 4 과정에 대한 상세 흐름도를 도 8에 나타내었다.

<51>

도 8은 전송 용량의 증대를 위한 미할당 부채널(subchannel)의 추가 할당에 대한 흐름도로써, 811단계에서 s=1로 초기화를 한 뒤, 813단계에서 MS s에서 단계 3까지 모두 수행하고 남은 가용 부채널 자원에 대한 추가 할당 과정을 하기의 수학적식 8을 이용하여 나타낸다.

수학적식 8

$$k' = \arg \max_k (c_{k,n,s} (1 - [\rho_{n,s}])), k \in U_s$$

<52>

<53>

상기 수학적식 8은 가용 부채널별로 가장 채널 품질이 높은 MS를 찾아 해당 부채널을 할당한다. 815단계에서 s=S를 만족하면 종료되고, 만족하지 않으면 816단계로 진행해서 만족할 때까지 상기 과정을 반복 수행하게 된다. 이 과정으로 셀 전체의 전송 용량을 최대화 할 수 있다. 상기 도 8에 대한 구체적인 알고리즘을 수학적식으로 표현해 하기 표 5에 나타내었다.

표 5

```

for  $s = 1 : S_s$ 
  for  $n = 1 : N_s$ 
    Select  $k' = \arg \max_k (c_{k,n,s} (1 - [\rho_{n,s}]))$ ,  $k \in U_s$ 
     $\rho_{n,s} = k'$ 
  end
end

```

<54>

<55>

신호 결합에 의한 전송 용량 증대 기법은 상기 본 발명의 핵심 내용 이외에도 여러 가지 관점에서 제시될 수 있다. 종래 기술의 한계점을 극복하는 또 다른 기술의 예로서, 두 RS로부터의 신호를 상기와 마찬가지로 간섭 신호로 보지 않고 신호 결합에 의한 원하는 신호(desired signal)로 적용하되, 두 RS를 마치 멀리 떨어진 다중 안테나(Multiple Input Multiple Output : MIMO) 시스템으로 해석하여 신호 결합시 공간 다이버시티 효과를 극대화하도록 설계하는 기술이 제시될 수 있다. 다른 관점의 기술로서, RS 안테나 빔포밍(beamforming) 및 전력 제어(power control)를 통한 전송 용량 증대 기술, 즉, RS 안테나로부터 송신하는 신호에 방향성을 갖는 가중치 벡터(weight vector)를 적용하여 MS의 위치에 따른 수신 C/I를 개선되도록 송신 신호에 미리 신호처리를 수행한 후 전송하는 기술이 제시될 수 있다. 상기 제시된 두 기술 모두 셀 전체적으로 볼 때, 전송 용량의 증대를 가능하게 하는 기술이라 하겠다.

<56>

상기와 같이 본 발명의 일 실시 예에 따른 유선 RS를 활용한 셀룰러 시스템에서 RS간 선택적 신호 결합을 통한 셀 용량 증대 방법의 구성 및 동작이 이루어질 수 있으며, 한편 상기한 본 발명의 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나 여러 가지 변형이 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 실시될 수 있다. 따라서 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 의하여 정할 것이 아니고 청구범위와 청구범위의 균등한 것에 의하여 정하여져야 할 것이다.

발명의 효과

<57>

이상 설명한 바와 같이 본 발명에 의하면, 유선 RS(Relay Station)를 활용한 셀룰러 시스템에서 셀 전체의 MS들을 평균 채널 품질이 우수한 Group A와, RS 커버리지 경계 지역에 위치하여 평균 채널 품질이 낮은 Group B로 분류하여, Group A의 경우 별도의 RS 선택 과정 없이 해당 RS 별로 자원 할당을 수행함으로써 복잡도를 낮추고, Group B의 경우 가장 우수한 채널 품질을 보이는 두 개의 RS로부터의 선택적인 신호 결합 방식을 적용함으로써 셀 전체의 전송 용량을 증대시킴과 동시에 작동불능(outage) 확률을 감소시키는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

<1>

도 1은 본 발명이 적용되는 유선 중계국(Relay Station)을 활용한 셀룰러 시스템의 개략적인 일 예시 구성도

<2>

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 유선 중계국을 활용한 셀룰러 시스템에서 인접한 두 중계국 커버리지 경계(Coverage Boundary) 지역의 신호 결합 구성도

<3>

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 유선 중계국을 활용한 셀룰러 시스템에서 인접한 두 중계국의 신호에 대한 C/I(Carrier_to_Interference) 이득과 상기 두 신호를 결합한 신호에 대한 C/I 이득의 비교 그래프

<4>

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 그룹(Group) B에 대한 선택적 신호 결합(optional signal combining) 방식을 적용한 전체적인 이동 단말기(Mobile Station)들의 자원 할당에 대한 흐름도

<5>

도 5는 도 4 중 스텝(STEP) 1 과정에 대한 상세 흐름도

<6>

도 6은 도 4 중 스텝 2 과정에 대한 상세 흐름도

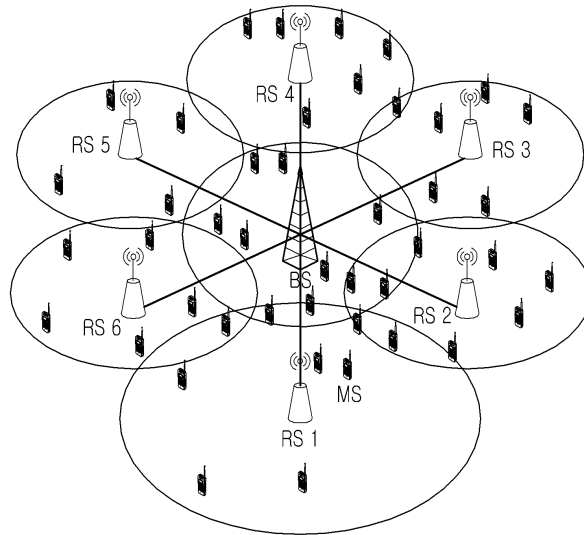
<7>

도 7은 도 4 중 스텝 3 과정에 대한 상세 흐름도

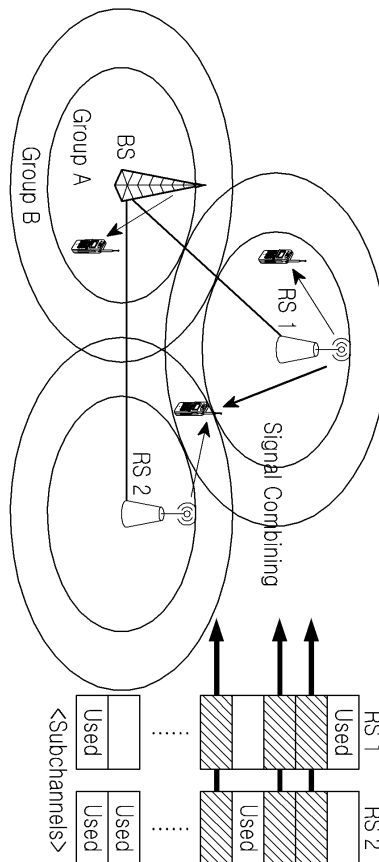
<8> 도 8은 도 4 중 스텝 4 과정에 대한 상세 흐름도

도면

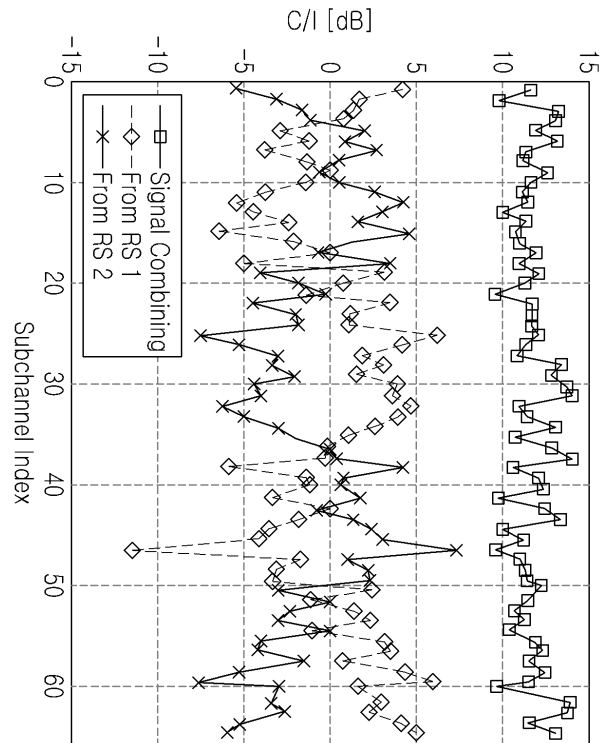
도면1



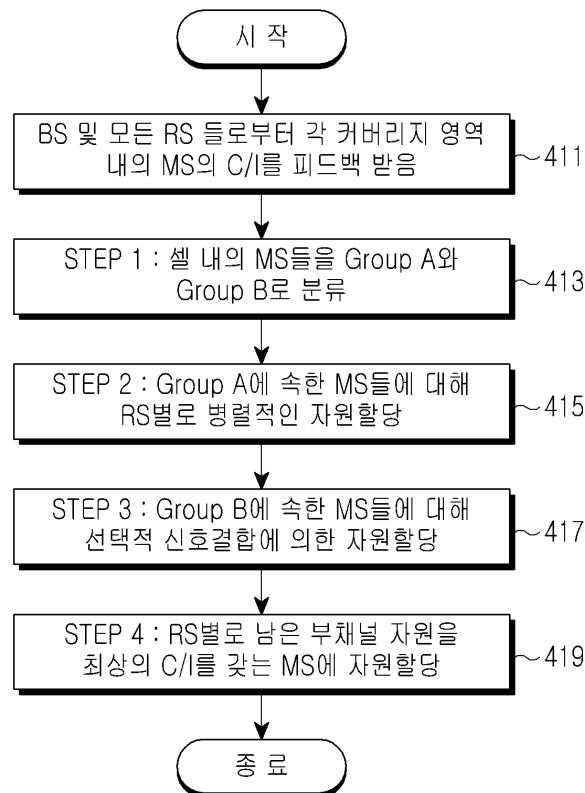
도면2



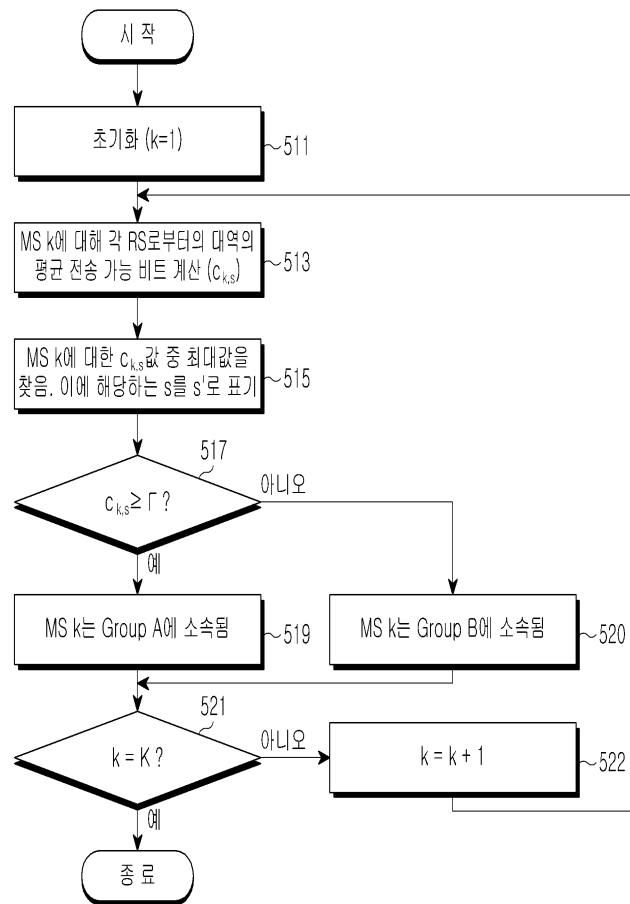
도면3



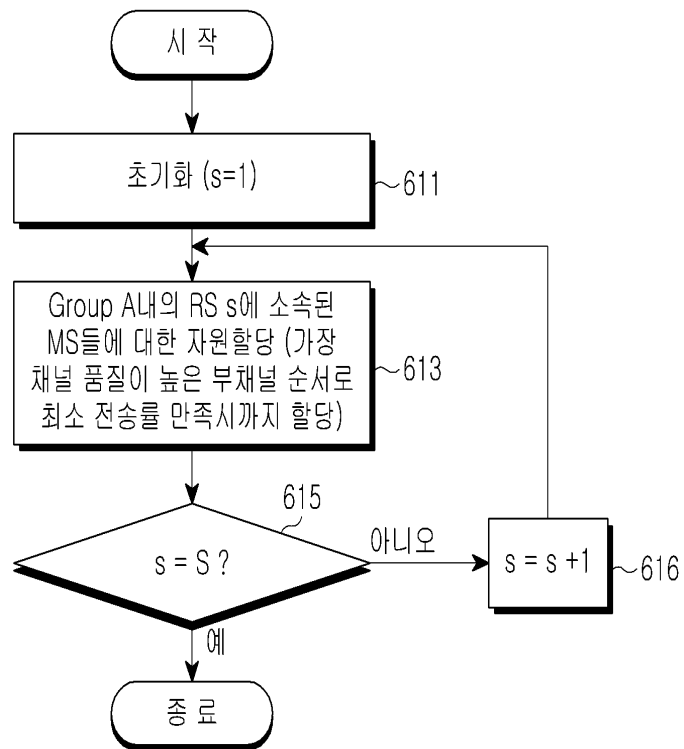
도면4



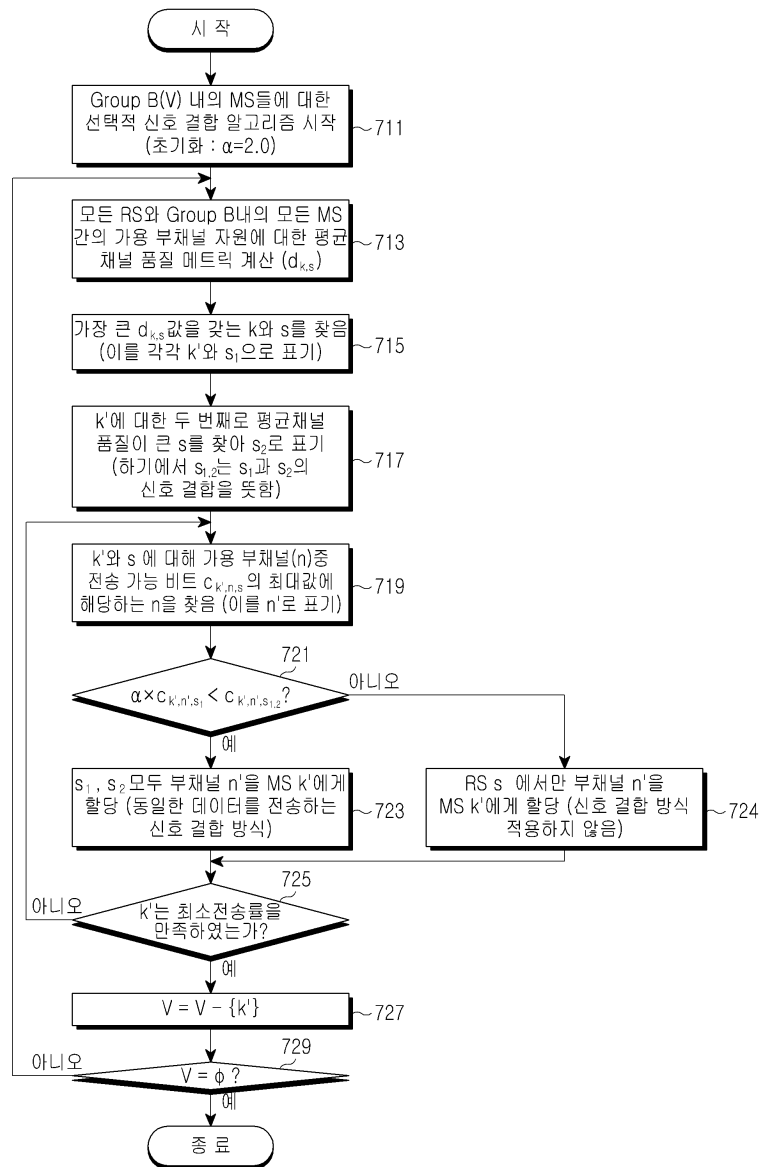
도면5



도면6



도면7



도면8

