



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.

H04B 7/26 (2006.01)

H04J 11/00 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2007-0044601

(43) 공개일자 2007년04월30일

(21) 출원번호 10-2005-0100692

(22) 출원일자 2005년10월25일

심사청구일자 2005년10월25일

(71) 출원인 인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자 장경희
서울 양천구 목6동 목동신시가지아파트 220-702
고상준
서울 강서구 화곡본동 102-296 주선 401호
허주
인천 중구 신흥동3가 현대 아이파크 106동 104호

(74) 대리인 이원희

전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) OFDMA 시스템의 사용자간 전송효율 최대화를 고려한서브 채널 할당 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 OFDMA 시스템의 사용자간 전송효율 최대화를 고려한 서브 채널 할당 장치 및 방법을 제공하는 것으로, 본 발명의 서브 채널 할당 방법은, 공평성에 의해 할당받을 순서가 된 특정 사용자의 서브 채널 중 최적의 데이터율을 보장하는 복수개의 서브 채널이 존재하는 경우 할당받을 순서인 특정 사용자의 복수 개 서브 채널들이 각각 다른 사용자들에게 보장할 수 있는 데이터율을 계산하는 제 1 단계; 상기 계산된 결과를 이용하여 다른 사용자들에게 충분한 데이터율을 보장하지 못하는 순서대로 현재 할당받을 순서의 사용자에게 할당될 서브 채널 순위를 결정하는 제 2 단계; 및 현재 서브 채널을 할당받을 순서의 사용자의 복수 개 서브 채널 중 상기 정해진 순위가 가장 높은 특정 서브 채널을 할당하는 제 3 단계;를 수행함에 의해 달성될 수 있다.

대표도

도 13

특허청구의 범위

청구항 1.

OFDMA 시스템에서 서브 채널을 할당하는 장치에 있어서,

공평성에 의해 할당받을 순서가 된 특정 사용자의 서브 채널 중 최적의 동일한 데이터율을 보장하는 복수개의 서브 채널이 존재하는 경우 모든 사용자들이 자신에게 유리한 서브 채널을 많이 할당받을 수 있도록 서브 채널을 할당하는 서브 채널 할당수단;

송신할 데이터가 발생하면 상기 할당된 서브 채널을 통해 데이터를 송신하는 송신수단;

을 포함하는 것을 특징으로 하는 OFDMA 시스템의 사용자간 전송효율 최대화를 고려한 서브 채널 할당 장치.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 서브 채널 할당수단은

상기 할당받을 순서가 된 특정 사용자의 서브 채널 중 최적의 동일한 데이터율을 상기 할당 받을 순서인 사용자에게 보장하는 복수 개 서브 채널이 존재할 경우, 그 각각의 서브 채널이 다른 사용자들에게 보장하는 데이터율을 계산하는 것을 특징으로 하는 OFDMA 시스템의 사용자간 전송효율 최대화를 고려한 서브 채널 할당 장치.

청구항 3.

제 2 항에 있어서, 상기 서브 채널 할당수단은

상기 할당받을 순서인 특정 사용자의 서브 채널 중 최적의 동일한 데이터율을 상기 할당 받을 순서인 사용자에게 보장하는 복수 개 서브 채널 중 상기 계산한 결과를 바탕으로 각각 다른 사용자들에게 충분한 데이터율을 보장하지 못하는 순서대로 현재 할당받을 순서의 사용자에게 할당될 서브 채널 순위를 결정하는 것을 특징으로 하는 OFDMA 시스템의 사용자간 전송효율 최대화를 고려한 서브 채널 할당 장치.

청구항 4.

제 3 항에 있어서, 상기 할당받을 순서인 특정 사용자의 서브 채널 중 최적의 동일한 데이터율을 상기 할당 받을 순서인 사용자에게 보장하는 복수 개 서브 채널 중 상기 할당받을 순서인 특정 사용자에게 할당될 순서가 정해진 서브 채널 중 순위가 가장 높은 서브 채널을 할당하는 것을 특징으로 하는 OFDMA 시스템의 사용자간 전송효율 최대화를 고려한 서브 채널 할당 장치.

청구항 5.

OFDMA 시스템에서 공평성에 의해 할당받을 순서가 된 특정 사용자의 서브 채널 중 최적의 동일한 데이터율을 보장하는 복수개의 서브 채널이 존재하는 경우의 서브 채널 할당 방법에 있어서,

할당받을 순서인 특정 사용자의 복수 개 서브 채널들이 각각 다른 사용자들에게 보장할 수 있는 데이터율을 계산하는 제 1 단계;

상기 계산된 결과를 이용하여 다른 사용자들에게 충분한 데이터율을 보장하지 못하는 순서대로 현재 할당받을 순서의 사용자에게 할당될 서브 채널 순위를 결정하는 제 2 단계; 및

현재 서브 채널을 할당받을 순서의 사용자의 복수 개 서브 채널 중 상기 정해진 순위가 가장 높은 특정 서브 채널을 할당하는 제 3 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 OFDMA 시스템의 사용자간 전송효율 최대화를 고려한 서브 채널 할당 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 시스템에 관한 것으로, 특히 한 사용자내에 동일한 SINR을 가지는 서브 채널이 존재할 경우 모든 사용자간의 상황을 파악하여 최적의 서브 채널을 할당할 수 있도록 하는 OFDMA 시스템의 사용자간 전송효율 최대화를 고려한 서브 채널 할당 장치 및 방법에 관한 것이다.

무선 환경에서 이동성이 보장되며 고속의 전송이 가능한 새로운 서비스에 대한 필요성이 대두되고 있다. 이러한 필요성에 따라 국내에서는 2.3GHz 대역의 휴대 인터넷 서비스와 이동 고속 무선 패킷 데이터 MBWA(Mobile Broadband Wireless Access) 서비스를 위한 기술 개발 및 표준화 작업이 진행 중이다.

OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식은 높은 전송 효율과 간단한 채널 등화 방식 때문에 가장 주목 받는 기술 중의 하나이다.

이동성이 고려되는 셀룰러 환경에서 OFDM 다중 접속 기반 시스템의 성능을 결정하는 중요한 특성중의 하나가 주파수 재사용 효율(Frequency Reuse Factor)이다.

주파수 재사용률을 1로 할 경우, 기지국이 모든 무선 자원을 사용할 수 있기 때문에 기지국의 쓰루풋(Throughput) 측면에서 가장 이상적이라고 할 수 있으나, 주파수 재사용률을 1로 선정함에 따라 셀 간 간섭에 의한 심각한 성능 열화가 발생한다.

따라서 셀 간 간섭으로 인한 성능 열화 문제를 해결하여 주파수 재사용률 1을 구현하기 위하여, Flarion사에서 개발한 Flash-OFDM 시스템은 OFDM의 서브 캐리어를 일정한 패턴으로 변경시키는 주파수 호핑 방식을 사용하고, LDPC(Low Density Parity Check) 채널 부호를 이용하여 셀 간 간섭에 의한 성능 열화를 최대한 방지하는 방식을 사용한다.

이외에 주파수 재사용률 1을 구현하기 위하여 인접 셀과 부반송파의 충돌을 줄이기 위하여 부반송파를 랜덤하게 천공하는 방식 등이 연구되고 있다.

그러나 주파수 재사용률을 1로 유지하는 시스템의 경우, 트래픽의 부하가 늘어남에 따라 셀 간 간섭으로 인하여 채널 조건이 열악한 셀 경계에서의 성능 열화가 예상된다.

따라서 셀 간 간섭을 줄이고 주파수 효율의 향상뿐 아니라 셀 경계와 같이 채널 조건이 열악한 지역에 위치한 사용자의 성능을 보장하기 위한 방법으로서 제한된 주파수 자원을 효과적으로 이용하기 위한 무선 자원 할당 방식에 대한 관심이 높아지고 있으며, 활발히 연구되고 있다.

만약, 채널이 안정적(Stationary)이고 사용자의 채널 응답을 송신단에서 정확히 안다고 가정하면, 워터-필링(Water-Filling)과 적응 변조(Adaptive Modulation) 기법을 결합한 방식이 최적인 것으로 알려져 있다.

그러나 워터-필링 방식은 단일 사용자(Single User) 시스템이거나 고정적인 자원 할당을 지원하는 다중 사용자(Multi-User) 시스템에서만 주로 연구되어 왔는데, 예를 들면 TDMA나 FDMA를 사용하는 시스템은 각각의 사용자들을 위하여 일정 시간 슬롯이나 주파수 채널을 할당한 다음, 각각의 사용자들이 가지고 있는 채널에 대하여 적응 변조 방식을 적용하였다.

그러나 위와 같은 고정적인 자원 할당에 기반을 두고 적응 변조방식을 적용하는 다중 사용자 OFDM 방식으로는 실제 시스템이 제공할 수 있는 최적의 자원 할당을 할 수 없다. 그 이유는 주파수 선택적 채널(Frequency Selective Channel)의 특성상 딥 페이딩(Deep Fading)을 겪게 되는 서브 채널이나, 전력을 많이 할당하기 어려운 서브 채널들이 존재하여 워터-필링 알고리즘을 적용하면 사용되지 않는 채널들은 많이 존재하기 때문이다.

그러나 한 사용자에게 덜 페이딩으로 보이는 채널이 다른 사용자에게는 덜 페이딩 채널이 아닐 수 있으며, 일반적으로 사용자의 수가 늘어나게 되면, OFDM을 구성하고 있는 각각의 서브 채널이 모든 사용자에게 덜 페이딩 채널일 확률이 점점 더 줄어들게 된다.

즉, 사용자의 수가 늘어나면 늘어날수록 독립적인 채널을 겪게 됨에 따라 다중 사용자 다이버시티 이득(Multi-User Diversity Gain)을 얻을 수 있다.

따라서 모든 사용자의 채널 정보를 기준으로 각각의 사용자에게 상대적으로 좋은 채널을 선택적으로 할당하고, 그러한 채널들을 사용하여 적응 변조방식을 적용함으로써 시스템의 전송 효율을 높일 수 있는 방안들이 모색되고 있으며, 이러한 종래의 서브 채널 할당 기법들에 대하여 살펴본다.

도 1은 기존의 자원 할당 기법중 하나인 BABS(Bandwidth Assignment Based on SNR) 알고리즘(Kivanc D. Guoqing Li, and Hui Liu, "Computationally Efficient Bandwidth Allocation and Power Control for OFDMA", IEEE, Transaction, vol. 2, pp.1150-1158, Nov. 2003.)을 나타낸 것이다.

BABS 알고리즘은 우선 k 번째 사용자가 요구하는 데이터율 R_k 를 정한다. 그 후 각 사용자로부터 피드백 받은 전 서브 채널의 평균 SINR값을 이용하여 현재 채널 상황에서 하나의 서브 채널이 제공할 수 있는 데이터율 $R_{\max}$ 를 구해 각 사용자가 요구하는 데이터율을 만족시켜줄 수 있는 서브 채널 수 $m_k (= R_k / R_{\max})$ 를 구한다.

이때, 만약 각 사용자에게 할당된 서브 채널수 $m_k (k: 1 \sim K)$ 의 총합이 전체 서브 채널수를 넘을 경우 가장 적은 서브 채널을 할당 받은 사용자의 서브 채널 개수를 m_k 의 총합이 전체 서브 채널수를 넘지 않을 때까지 하나씩 취소시킨다.

또한, 만약 각 사용자에게 할당된 서브 채널수 $m_k (k: 1 \sim K)$ 의 총합이 전체 서브 채널수보다 적을 경우, 가장 적은 전력 G_k 의 추가로 서브 채널을 하나 더 할당할 수 있는 사용자에게 m_k 의 총합이 전체 서브 채널수와 동일해질 때까지 추가로 할당한다. 이런 일련의 BABS 알고리즘 과정을 통해 각 사용자에게 할당되어질 서브 채널수를 구한다.

도 2는 기존의 서브 채널 할당 기법중 하나인 ACG(Amplitude Craving Greedy) 알고리즘((Kivanc D. Guoqing Li, and Hui Liu, "Computationally Efficient Bandwidth Allocation and Power Control for OFDMA", IEEE, Transaction, vol. 2, pp.1150-1158, Nov. 2003.)을 나타낸 것으로, 우선 기지국은 첫 번째 서브 채널에서 가장 높은 데이터율을 보장받을 수 있는 사용자에게 첫 번째 서브 채널을 할당한다.

그 후 두 번째 서브 채널에서 가장 높은 데이터율을 보장받을 수 있는 사용자 k^* 에게 할당을 하고 계속 순차적으로 마지막 서브 채널까지 사용자들에게 할당을 하게 된다.

만약, 할당을 진행하는 과정중간에 j 번째 사용자가 BABS 알고리즘을 통해 j 번째 사용자에게 할당될 서브 채널 개수 m_j 를 만족하는 순간 더 이상 j 번째 사용자에게 서브 채널을 할당하지 않도록 j 번째 사용자의 남은 모든 서브 채널의 보장 가능 데이터율을 "0"으로 초기화 시킨다. 최종적으로 사용자가 요구하는 데이터율을 만족 못한 사용자는 아웃티지(Outage)가 된다.

ACG 알고리즘은 첫 번째 서브 채널부터 마지막 서브 채널까지 순차적으로 사용자에게 할당해주기 때문에 시스템의 복잡도가 적다는 장점이 있지만, 전체적인 시스템의 쓰루풋이 낮다는 단점이 있다.

도 3은 BABS 알고리즘을 통한 사용자별 할당 서브 채널수를 정한다음 ACG 알고리즘을 통해 각 사용자에게 서브 채널을 할당한 결과를 나타내고 있다.

도 3에서 나타낸 각 사용자의 각 서브 채널별 값은 사용자가 할당받은 서브 채널의 SINR값을 통해 계산된 데이터율을 나타낸다. 이의 할당 순서는 다음과 같다.

먼저, 처음 서브 채널에서 가장 높은 데이터율을 획득할 수 있는 두 번째 사용자에게 첫 번째 서브 채널을 할당한다.

다음 두 번째 서브 채널에서 가장 높은 데이터율을 획득할 수 있는 네 번째 사용자에게 두 번째 서브 채널을 할당한다. 이 상과 같이 여덟 번째 서브 채널까지 사용자에게 할당한다. 도 3에서 Acquired Datarate은 전체 시스템 측면에서의 전체 데이터율(Total Datarate)이다.

도 4는 기존의 서브 채널 할당 기법중 하나인 향상된 ACG(Improved Amplitude Craving Greedy) 알고리즘(Li Zhen, Zhu G. Wang W. Song Junde, "Improved Algorithm of Multiuser Dynamic Subcarrier Allocation in OFDMA System", Proceedings of ICCT, 2003.)을 나타내고 있다.

우선, 기지국은 모든 사용자의 모든 서브 채널 중에서 가장 높은 데이터율을 보장받을 수 있는 사용자 k^* 와 서브 채널 n^* 를 찾는다.

만약, k 번째 사용자의 i 번째 서브 채널이 전체에서 가장 높은 데이터율을 보장한다면, k 번째 사용자에게 i 번째 서브 채널을 할당하고 다른 사용자의 i 번째 서브 채널의 보장 가능 데이터율을 "-1"로 초기화시킴으로서 i 번째 서브 채널이 더 이상 다른 사용자에게 할당되지 않도록 한다.

그 후 계속 같은 과정으로 사용자들에게 서브 채널을 할당하는 과정중간에 만약 k 번째 사용자가 BABS 알고리즘을 통해 k 번째 사용자에게 할당될 서브 채널 개수 m_k 를 만족하는 순간 더 이상 k 번째 사용자에게 서브 채널을 할당하지 않도록 k 번째 사용자의 남은 모든 서브 채널의 보장 가능 데이터율을 "-1"로 초기화 시킨다. 최종적으로 사용자가 요구하는 데이터율을 만족 못한 사용자는 아웃티지(Outage)가 된다.

상기 향상된 ACG 알고리즘은 첫 번째 서브 채널부터 마지막 서브 채널까지 순차적으로 사용자에게 할당해주는 ACG 알고리즘에 비해 시스템의 복잡도가 높다는 단점이 있지만, 전체적인 시스템의 쓰루풋이 ACG 알고리즘에 비해 높다는 장점이 있다.

도 5는 BABS 알고리즘을 통한 사용자별 할당 서브 채널수를 정한 다음 향상된 ACG(Improved ACG) 알고리즘을 통해 각 사용자에게 서브 채널을 할당한 결과를 나타내고 있다.

도 5에서 각 사용자의 각 서브 채널별 값은 사용자가 할당받은 서브 채널의 SINR값을 통해 계산된 데이터율을 나타낸다. 이의 할당 순서는 다음과 같다.

전체 서브 채널 중에서 가장 높은 데이터율을 획득 할 수 있는 첫 번째 사용자와 네 번째 사용자 중에서 첫 번째 사용자의 네 번째 서브 채널의 번호가 네 번째 사용자의 여덟 번째 서브 채널의 번호보다 빠르기 때문에, 첫 번째 사용자에게 네 번째 서브 채널을 할당한 후, 다른 사용자가 네 번째 서브 채널을 할당 받지 못하도록 전체 사용자의 네 번째 서브 채널의 데이터율을 "-1"로 만든다.

다음 네 번째 사용자의 여덟 번째 서브 채널이 전체 사용자의 전체 서브 채널 중에서 가장 높은 데이터율을 보장하기 때문에 네 번째 사용자에게 여덟 번째 서브 채널을 할당한 후 앞의 경우와 마찬가지로 전체 사용자의 여덟 번째 서브 채널의 데이터율을 "-1"로 만든다.

이와 같이 서브 채널을 사용자에게 할당을 하는 중간에 BABS 알고리즘을 통해 정해진 수만큼 할당 받은 사용자는 더 이상 서브 채널을 할당 받지 않는다. 도 5에서 Acquired Datarate은 전체 시스템 측면에서의 전체 데이터율(Total Datarate)이다.

도 6은 기존의 서브 채널 할당 기법중 하나인 SSA(Specific Subcarrier Allocation) 알고리즘을 나타내고 있다. SSA 알고리즘이 앞에서 언급한 ACG, 향상된 ACG 알고리즘과 다른 점은 BABS 알고리즘을 통한 사용자별 서브 채널 할당수를 정해주는 과정이 없다는 점이다. 즉, SSA 알고리즘은 제일 적은 데이터율을 할당받은 사용자에게 먼저 서브 채널을 할당해 줌으로써 공정성(Fairness)을 제공하는 기법이다.

우선, 기지국은 가장 적은 데이터율을 할당 받은 사용자 k^* 를 찾는다. 그 후 k^* 사용자의 서브 채널 중에서 가장 높은 데이터율을 보장할 수 있는 서브 채널 n^* 을 할당해준다.

만약, k^* 사용자가 가장 적은 데이터율을 할당받았고, k^* 사용자의 서브 채널 중에 n^* 서브 채널이 가장 높은 데이터율을 보장한다면, k^* 번째 사용자에게 n^* 번째 서브 채널을 할당해주고, k^* 번째 사용자의 할당받은 서브 채널 집합 A_{k^*} 에다 n^* 를 넣어주고, 할당 가능한 서브 채널의 집합인 A 에서 서브 채널 n^* 을 제외시킴으로써 n^* 번째 서브 채널이 더 이상 다른 사용자에게 할당되지 않도록 한다. 그 후 계속 같은 과정으로 사용자들에게 서브 채널을 할당하고, 최종적으로 요구하는 데이터율을 만족 못한 사용자는 아웃티지가 된다.

SSA 알고리즘은 BABS 알고리즘 과정이 없지만, 할당하는 과정에서 사용자의 공평성을 고려해야 하기 때문에 앞서 언급한 ACG, 향상된 ACG 알고리즘에 비해 시스템의 복잡도가 적지 않다. 전체적인 시스템의 쓰루풋은 ACG 알고리즘과 유사하고 향상된 ACG 알고리즘 보다는 낮다.

도 7은 SSA 알고리즘을 통해 각 사용자에게 서브 채널을 할당한 결과를 나타내고 있다. 도 7에서 각 사용자의 각 서브 채널별 값은 사용자가 할당받은 서브 채널의 SINR(Signal to Interference and Noise Ratio) 값을 통해 계산된 데이터율을 나타낸다.

전체 사용자가 모두 같은 데이터율을 요구하고 있다고 가정한다. 현재까지는 어느 사용자도 할당을 받지 않은 상태이기 때문에 첫 번째 사용자부터 차례대로 서브 채널을 할당한다.

먼저, 첫 번째 사용자의 서브 채널 중 네 번째 서브 채널이 가장 높은 데이터율을 보장하기 때문에 첫 번째 사용자에게 네 번째 서브 채널을 할당해준 후, 다른 사용자들이 할당받을 수 있는 서브 채널의 후보에서 네 번째 서브 채널을 제외시킨다.

도 7에서는 데이터율을 "0"으로 바꿈으로써 후보에서 제외되었음을 나타내고 있다. 다음 두 번째 사용자의 서브 채널 중 가장 높은 데이터율을 보장할 수 있는 세 번째 서브 채널을 두 번째 사용자에게 할당한 후, 세 번째 서브 채널을 후보에서 제외한다.

다음 세 번째 사용자의 서브 채널 중 가장 높은 데이터율을 보장할 수 있는 두 번째 서브 채널을 세 번째 사용자에게 할당한 후, 두 번째 서브 채널을 후보에서 제외한다. 다음 네 번째 사용자의 서브 채널 중 가장 높은 데이터율을 보장할 수 있는 여덟 번째 서브 채널을 네 번째 사용자에게 할당한 후, 여덟 번째 서브 채널을 후보에서 제외한다.

이제부터는 각 사용자별 보장받은 데이터율이 다르기 때문에 가장 적은 데이터율을 받은 세 번째 사용자부터 할당을 시작하여 모든 서브 채널이 할당될 때까지 진행한다. Acquired Datarate은 전체 시스템 측면에서의 전체 데이터율(Total Datarate)이다.

이와 같이 종래의 서브 채널 할당 기법들은 사용자 내에 동일한 데이터율을 보장할 수 있는 서브 채널들이 존재할 경우, 그 중 어떤 서브 채널을 할당해야 하는 지 여부를 고려하지 않고, 서브 채널을 순차적으로 할당함으로써 다른 사용자에게 미치는 영향은 고려되지 않고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 이러한 점을 감안한 것으로, 본 발명의 목적은 특정 사용자 내에 동일한 데이터율을 보장할 수 있는 서브 채널들이 존재하는 경우 다른 사용자에게 미치는 영향을 고려하여 서브 채널들을 할당함으로써 하향 링크의 쓰루풋 및 아웃티지 확률(Outage Probability)을 향상시킬 수 있도록 한 OFDMA 시스템의 사용자간 전송효율 최대화를 고려한 서브 채널 할당 장치 및 방법을 제공함에 있다.

발명의 구성

상기 본 발명의 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 OFDMA 시스템의 사용자간 전송효율 최대화를 고려한 서브 채널 할당 장치는, OFDMA 시스템에서 서브 채널을 할당하는 장치에 있어서, 공평성에 의해 할당받을 순서가 된 특정 사용자의 서브 채널 중 최적의 동일한 데이터율을 보장하는 복수개의 서브 채널이 존재하는 경우 다른 사용자들이 자신에게 유리한 서브 채널을 많이 할당받을 수 있도록 서브 채널을 할당하는 서브 채널 할당수단; 송신할 데이터가 발생하면 상기 할당된 서브 채널을 통해 데이터를 송신하는 송신수단;을 포함하는 것을 특징으로 한다.

상기 서브 채널 할당수단은 상기 할당받을 순서인 특정 사용자의 복수 개 서브 채널들이 각각 다른 사용자들에게 보장할 수 있는 데이터율을 계산하며, 계산된 결과를 이용하여 다른 사용자들에게 충분한 데이터율을 보장하지 못하는 순서대로 현재 할당받을 순서의 사용자에게 할당될 서브 채널 순위를 결정하여, 순위가 가장 높은 특정 서브 채널을 상기 할당받을 순서가 된 특정 사용자에게 할당하도록 됨이 바람직하다.

상기 본 발명의 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 OFDMA 시스템의 사용자간 전송효율 최대화를 고려한 서브 채널 할당 방법은, OFDMA 시스템에서 공평성에 의해 할당받을 순서가 된 특정 사용자의 서브 채널 중 최적의 데이터율을 보장하는 복수개의 서브 채널이 존재하는 경우의 서브 채널 할당 방법에 있어서, 할당받을 순서인 특정 사용자의 복수 개 서브 채널들이 각각 다른 사용자들에게 보장할 수 있는 데이터율을 계산하는 제 1 단계; 상기 계산된 결과를 이용하여 다른 사용자들에게 충분한 데이터율을 보장하지 못하는 순서대로 현재 할당받을 순서의 사용자에게 할당될 서브 채널 순위를 결정하는 제 2 단계; 및 현재 서브 채널을 할당받을 순서의 사용자의 복수 개 서브 채널 중 상기 정해진 순위가 가장 높은 특정 서브 채널을 할당하는 제 3 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다. 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 내용이 하기 실시 예에 한정되는 것은 아니다.

도 8은 본 발명을 구현하기 위한 OFDMA 이동통신 시스템의 송신기의 구조를 개략적으로 나타낸 것이다.

도시한 바와 같이, CRC(Cyclic Redundancy Check) 삽입기(CRC inserter)(111), 인코더(encoder)(113), 심벌 매핑기(symbol mapper)(115), 서브 채널 할당기(sub-channel allocator)(117), 직렬/병렬 변환기(serial to parallel converter)(119), 파일럿 심벌 삽입기(pilot symbol inserter)(121), 역고속 푸리에 변환(FFT: Inverse Fast Fourier Transform, 이하 "IFFT"라 칭한다)기(123), 병렬/직렬 변환기(parallel to serial converter)(125), 보호 구간 삽입기(guard interval inserter)(127), D/A 변환기(digital to analog converter)(129), 무선 주파수(RF: Radio Frequency, 이하 "RF"라 칭한다)처리기(processor)(131)로 구성된다.

이러한 구성에서 전송하고자 하는 사용자 데이터 비트(user data bits) 및 제어 데이터비트(control data bits)가 발생하면, 상기 사용자 데이터 비트 및 제어 데이터 비트는 상기 CRC 삽입기(111)로 입력된다. 여기서, 상기 사용자 데이터 비트 및 제어 데이터 비트를 "정보 데이터 비트(information data bits)"라고 칭하기로 한다.

상기 CRC 삽입기(111)는 정보 데이터 비트가 입력되면 이에 CRC 비트를 삽입한 후, 인코더(113)로 출력한다. 상기 인코더(113)는 CRC 삽입기(111)에서 출력된 신호를 미리 설정되어 있는 설정 코딩(coding) 방식으로 코딩한 후, 심벌 매핑기(115)로 출력한다.

여기서, 상기 코딩 방식은 소정 코딩 레이트(coding rate)를 가지는 터보 코딩(turbo coding) 방식 혹은 컨벌루셔널 코딩(convolutional coding) 방식 등이 될 수 있다.

상기 심벌 매핑기(115)는 인코더(113)에서 출력된 코딩된 비트(coded bits)를 미리 설정되어 있는 설정 변조 방식으로 변조하여 변조 심벌로 생성한 후, 서브 채널 할당기(117)로 출력한다. 여기서, 상기 변조 방식은 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 방식, QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 방식, 16QAM 방식 등이 있다.

상기 서브 채널 할당기(117)는 심벌 매핑기(115)로부터 입력된 변조 심벌들에 서브 채널을 할당한 후, 직렬/병렬 변환기(119)로 출력한다. 여기서, 상기 서브 채널 할당기(117)의 서브 채널 할당 동작은 본 발명에서 제안하는 서브 채널 할당 방식에 상응하게 수행되며, 본 발명에서 제안하는 서브 채널 할당 방식은 하기에서 설명할 것이므로 여기서는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다.

상기 직렬/병렬 변환기(119)는 서브 채널 할당기(117)에서 출력하는 서브 채널이 할당된 직렬 변조 심벌들을 병렬로 변환한 후, 파일럿 심벌 삽입기(121)로 출력한다.

파일럿 심벌 삽입기(121)는 상기 직렬/병렬 변환기(119)에서 출력된 병렬 변환된 변조된 심벌들에 파일럿 심벌들을 삽입한 후, 상기 IFFT기(123)로 출력한다.

상기 IFFT기(123)는 상기 파일럿 심벌 삽입기(121)로부터 입력된 신호를 IFFT 수행한 후, 상기 병렬/직렬 변환기(125)로 출력한다. 상기 병렬/직렬 변환기(125)는 상기 IFFT기(123)에서 출력된 신호를 직렬로 변환한 후, 상기 보호 구간 삽입기(127)로 출력한다.

상기 보호 구간 삽입기(127)는 상기 병렬/직렬 변환기(125)에서 출력한 신호를 입력받아 보호 구간 신호를 삽입한 후, D/A 변환기(129)로 출력한다. 여기서, 상기 보호 구간은 상기 OFDMA 통신시스템에서 OFDM 심벌을 송신할 때 이전 OFDM 심벌 시간에 송신한 OFDM 심벌과 현재 OFDM 심벌 시간에 송신할 현재 OFDM 심벌간에 간섭(interference)을 제거하기 위해서 삽입된다.

또한, 상기 보호 구간은 시간 영역(time domain)의 OFDM 심벌의 마지막 일정 샘플(sample)들을 복사하여 유효 OFDM 심벌에 삽입하는 형태의 "Cyclic Prefix" 방식이나 혹은 시간 영역의 OFDM 심벌의 처음 일정 샘플들을 복사하여 유효 OFDM 심벌에 삽입하는 "Cyclic Postfix" 방식으로 사용될 수 있다.

상기 D/A 변환기(129)는 상기 보호 구간 삽입기(127)에서 출력된 신호를 아날로그 신호로 변환한 후, RF 처리기(131)로 출력한다.

여기서, 상기 RF 처리기(131)는 필터(filter)와 전처리기(front end unit) 등의 구성들을 포함하며, 상기 D/A 변환기(129)에서 출력한 신호를 실제 에어(air)상에서 전송 가능하도록 RF처리한 후, 송신 안테나(Tx antenna)를 통해 에어(air)상으로 전송한다.

이하, 본 발명에서 제안하는 서브 채널 할당 방식에 대하여 설명한다.

먼저, 도 9는 본 발명을 위한 OFDMA 플랫폼(Platform)을 위한 기본적인 셀 계획(Cell Planning)을 도시한 것이다.

도시한 바와 같이, 각각의 셀들은 세 개의 섹터로 구성되고, 전체적으로 57개의 섹터로 구성되며, 각 섹터별 기지국이 존재한다. 가운데 존재하는 타겟 셀(Target Cell) (Sector 0,1,2)은 주변 54개 섹터로부터 각각 간섭의 영향을 받는다.

도 10은 한 섹터에서 사용할 수 있는 무선 자원의 구조를 나타낸 것으로, 주파수 영역에서는 전체 대역이 32개의 서브 채널로 구성되며, 각 서브 채널은 3개의 빈(BIN)으로 구성된다. 각 빈은 9개의 연속된 서브 캐리어로 구성되며, 그 중 하나는 채널 추정 및 SINR 측정 등 여러 용도로 사용할 수 있도록 파일럿(Pilot) 서브 캐리어로 사용한다. 또한, 각각 서브 캐리어 초기 전송 전력은 일정하게 고정되어 있다고 가정한다.

사용자는 모든 서브 채널들에 대해 평균 SINR 값을 자신이 속한 기지국에 피드백한다. 각 섹터별 기지국은 피드백 정보를 바탕으로 좋은 SINR 값을 가지는 서브 채널을 사용자에게 할당함으로써 다중 사용자 다이버시티 이득 (Multi-user Diversity Gain)을 획득할 수 있게 한다.

도 11은 본 발명의 서브 채널 할당 방법을 적용하기 위한 대상 시스템의 기본적인 시스템 파라미터를 나타낸 표이다.

전체 대역은 총 1024개의 서브 캐리어로 구성되며, 그 중 사용하는 서브 캐리어는 864개이며, 96개의 파일럿 서브 캐리어를 제외한 768개의 서브 캐리어가 유효 서브 캐리어다. 각 서브 채널은 연속된 27개의 서브 캐리어로 구성되며, 그 중 3개는 파일럿 서브 캐리어다.

도 12는 본 발명에 따른 서브 채널 할당 기법인 ASA(Aggressive Subchannel Allocation) 알고리즘을 나타낸 것이고, 도 13은 이의 흐름도를 나타낸 것이다.

ASA 알고리즘은 종래 SSA 알고리즘과 같이 BABS 알고리즘을 통한 사용자별 서브 채널 할당수를 정해주는 과정이 없다.

즉, ASA 알고리즘도 SSA 알고리즘과 같이 가장 적은 데이터율을 할당받은 k^* 사용자에게 먼저 서브 채널을 할당해줌으로써 공정성(Fairness)을 제공한다.

그러나 향상된 ACG 알고리즘(Improved ACG Algorithm) 및 SSA 알고리즘의 경우, 만약 공정성에 의해 k^* 번째 사용자가 서브 채널을 할당받을 차례일 때 k^* 번째 사용자의 서브 채널 중에서 같은 데이터율을 보장할 수 있는 복수의 서브 채널이 존재할 경우, 그 중 어느 서브 채널을 k^* 번째 사용자에게 할당을 해야 할 지를 고려하지 않고 서브 채널 번호 순서대로 할당해 버린다.

한편, 동일 셀 내 간섭(Intra-cell Interference)을 배제하기 위해 하나의 서브 채널을 복수의 사용자에게 할당하지 않기 때문에, 만약 i 번째 서브 채널이 k 번째 사용자에게 할당될 경우, 다른 모든 사용자들은 i 번째 서브 채널이 자신에게 높은 데이터율을 보장한다 해도 i 번째 서브 채널을 할당받을 수 없다.

이에 다음과 같은 상황을 가정한다.

1. k 번째 사용자가 동일한 데이터율을 보장받을 수 있는 i 번째, h 번째 서브 채널 중 하나의 서브 채널을 할당받을 수 있다고 가정한다.
2. 다른 사용자들도 i 번째 서브 채널에서 다른 서브 채널들에 비해 높은 데이터율을 보장받을 수 있다고 가정한다.
3. 다른 사용자들은 h 번째 서브 채널에서는 매우 낮은 데이터율을 보장 받는다고 가정한다.
4. i 번째 서브 채널의 번호가 h 번째 서브 채널의 번호보다 빠르다고 가정한다.
5. 서브 채널 번호순으로 할당하기 때문에, k 번째 사용자는 같은 데이터율을 보장하는 두 개의 i , h 번째 서브 채널 중에서 i 번째 서브 채널을 할당 받는다.
6. 다른 사용자들은 k 번째 사용자가 i 번째 서브 채널을 할당 받았기 때문에 더 이상 i 번째 서브 채널을 할당 받을 수 없게 된다.
7. k 번째 사용자의 입장에서는 h 번째 서브 채널을 할당 받더라도 i 번째 서브 채널을 할당 받은 경우와 비교하여 최종 쓰루풋에는 변함이 없다.
8. 시스템 전체적인 측면에서 k 번째 사용자가 i 번째 서브 채널을 할당 받음으로써 시스템 전체 쓰루풋이 낮아진다.

즉, 기존의 서브 채널 할당 기법은 공정성에 의해 할당받을 순서가 된 특정 사용자에게 같은 데이터율을 보장할 수 있는 서브 채널을 번호순으로 할당함으로써 다른 사용자의 데이터율을 낮추는 경우가 생김으로 인해 최종적으로 전체 시스템의 쓰루풋을 낮춘다.

그러나 본 발명의 서브 채널 할당 기법은 공정성에 의해 할당받을 순서가 된 특정 사용자의 서브 채널 중 최적의 데이터율을 보장하는 복수 개 서브 채널이 존재한다고 가정한다.

이때, 기지국의 서브 채널 할당기(117)는 할당받을 순서인 특정 사용자의 복수 개 서브 채널들 각각 다른 사용자들에게 보장할 수 있는 데이터율을 계산한다(S110).

그리고 다른 사용자에게 충분한 데이터율을 보장 하지 못하는 순서대로 특정 사용자에게 할당될 서브 채널의 순위를 정한다(S120).

이후, 서브 채널을 할당받을 순서의 사용자의 복수 개 서브 채널 중 상기에서 정해진 순위가 가장 높은 특정 서브 채널을 할당한다(S130).

즉, 할당받을 순서인 사용자의 동일한 최적 데이터율을 보장하는 복수 개의 서브 채널 중, 다른 사용자에게 가장 작은 데이터율을 보장하는 서브 채널을 현재 할당받을 순서인 사용자에게 할당함으로써, 할당받은 사용자가 얻을 수 있는 데이터율을 보존하면서 다른 사용자들에게 좀 더 좋은 서브 채널을 할당받을 수 있는 기회를 보장한다.

예를 들어, 현재 할당받을 순서인 사용자 k^* 의 서브 채널 중에서 n^* , m^* , h^* 서브 채널이 가장 높은 데이터율을 사용자 k^* 에게 동일하게 보장할 수 있는 경우, 다른 사용자들이 n^* 서브 채널로부터 얻을 수 있는 데이터율의 합과 m^* 서브 채널로부터 얻을 수 있는 데이터율의 합과 h^* 서브 채널로부터 얻을 수 있는 데이터율의 합을 비교하여 n^* 서브 채널로부터 얻을 수 있는 데이터율의 합이 m^* , h^* 의 경우보다 작다면, 현재 할당받을 순서의 사용자에게 할당될 순위를 n^* 서브 채널을 최상으로 정하여 사용자 k^* 에게 n^* 서브 채널이 할당되게 한다.

그런 다음 k^* 번째 사용자의 할당받은 서브 채널 집합 A_{k^*} 에 n^* 를 넣어주고, 할당 가능한 서브 채널의 집합인 A 에서 서브 채널 n^* 을 제외시킴으로써 n^* 번째 서브 채널이 더 이상 다른 사용자에게 할당되지 않도록 한다.

이로 인해 다른 사용자들의 입장에서는 자신들에게 낮은 데이터율을 보장해 주던 n^* 서브 채널을 k^* 사용자에게 할당하고, 자신들에게 유리한 m^* , h^* 서브 채널을 할당받을 수 있는 기회를 보장 받음으로써 자신의 최종 쓰루풋을 높일 수 있고, 결국 전체 시스템의 쓰루풋을 높인다.

도 14는 ASA 알고리즘을 통해 각 사용자에게 서브 채널을 할당한 결과를 나타내고 있다.

도 14에서 각 사용자의 서브 채널별 값은 사용자가 할당받은 서브 채널의 SINR값을 통해 계산된 데이터율을 나타낸다. 전체 사용자가 모두 같은 데이터율을 요구하고 있다고 가정한다.

현재까지는 어떤 사용자도 할당을 받지 않은 상태이기 때문에 첫 번째 사용자부터 차례대로 서브 채널을 할당한다.

먼저, 첫 번째 사용자의 서브 채널 중 네 번째 서브 채널이 가장 높은 데이터율을 보장하기 때문에 첫 번째 사용자에게 네 번째 서브 채널을 할당해준 후, 다른 사용자들이 할당받을 수 있는 서브 채널의 후보에서 네 번째 서브 채널을 제외시킨다. 도 13에서는 데이터율을 "0"으로 바꿈으로써 후보에서 제외됐음을 표현하고 있다.

다음, 두 번째 사용자의 서브 채널 중 가장 높은 데이터율을 보장할 수 있는 세 번째 서브 채널을 두 번째 사용자에게 할당한 후, 세 번째 서브 채널을 후보에서 제외한다.

다음, 세 번째 사용자의 서브 채널 중 가장 높은 데이터율을 보장할 수 있는 두 번째 서브 채널을 세 번째 사용자에게 할당한 후, 두 번째 서브 채널을 후보에서 제외한다.

다음, 네 번째 사용자의 서브 채널 중 가장 높은 데이터율을 보장할 수 있는 여덟 번째 서브 채널을 네 번째 사용자에게 할당한 후, 여덟 번째 서브 채널을 후보에서 제외한다.

이후, 각 사용자별 보장받은 데이터율이 다르기 때문에 가장 적은 데이터율을 받은 세 번째 사용자부터 할당을 시작한다.

세 번째 사용자의 서브 채널 중 다섯 번째 서브 채널과 일곱 번째 서브 채널이 가장 높은 데이터율을 동일하게 보장하기 때문에 둘 중 어떤 서브 채널을 세 번째 사용자에게 할당할 것인가를 고려한다.

다른 사용자들의 경우 다섯 번째 서브 채널이 일곱 번째 서브 채널보다 데이터율이 크기 때문에 세 번째 사용자에게 일곱 번째 서브 채널을 할당함으로써 다른 사용자들에게 다섯 번째 서브 채널을 할당받을 수 있는 기회를 보장한다.

즉, 세 번째 사용자가 일곱 번째 서브 채널을 할당받음으로써 첫 번째 사용자가 다섯 번째 서브 채널을 할당받을 수 있게 됐고, 그 결과 마지막 할당 순서에 네 번째 사용자도 여섯 번째 서브 채널을 할당 받는다.

이로써 전체 시스템의 쓰루풋이 증가한다. 도 14에서 Acquired Datarate은 전체 시스템 측면에서의 전체 데이터율(Total Datarate)이다.

상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 또는 변형하여 실시할 수 있다.

발명의 효과

이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 다음과 같은 효과를 얻게 된다.

첫째, 본 발명은 각 기지국은 자신이 서비스를 제공하는 사용자로부터 채널 상황을 피드백받아 각 이동국의 공평성을 고려하고, 각각의 사용자에게 좋은 채널들을 할당할 때 동일 셀 내 간섭을 배제하기 위해 하나의 서브 채널을 복수의 사용자에게 할당하지 않음으로써 다중 사용자 다이버시티 이득을 얻게 되며, 사용자간의 서브 채널 상황을 고려함으로써 기존의 서브 채널 할당 기법들에 비해 모든 사용자들이 가능한 자신에게 유리한 서브 채널을 많이 할당받을 수 있음으로 인해 OFDMA 시스템 하향 링크의 토탈 쓰루풋을 증가시킬 수 있게 된다.

둘째, 시스템 상의 모든 사용자에게 가능한 최적의 서브 채널을 할당함으로써 사용자들의 QoS(Quality of Service)를 보장하여 시스템 전체 아웃티지 확률(Total Outage Probability)을 줄일 수 있게 된다.

셋째, 차세대 무선통신에 적용됨으로서 시스템 전체의 전송 효율 증가에 의한 고품질 서비스 제공과 용이한 셀 계획을 가능케 한다.

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 서브 채널 할당 기법인 BABS 알고리즘을 나타낸 도.

도 2는 종래의 서브 채널 할당 기법인 ACG 알고리즘을 나타낸 도.

도 3은 종래의 서브 채널 할당 기법인 BABS + ACG 알고리즘에 의한 사용자별 서브 채널 할당 결과를 나타낸 도.

도 4는 종래의 서브 채널 할당 기법인 향상된 ACG 알고리즘을 나타낸 도.

도 5는 종래의 서브 채널 할당 기법인 BABS + 향상된 ACG 알고리즘에 의한 사용자별 서브 채널 할당 결과를 나타낸 도.

도 6은 종래의 서브 채널 할당 기법인 SSA 알고리즘을 나타낸 도.

도 7은 종래의 서브 채널 할당 기법인 SSA 알고리즘에 의한 사용자별 서브 채널 할당 결과를 나타낸 도.

도 8은 본 발명을 구현하기 위한 OFDMA 시스템의 사용자간 전송효율 최대화를 고려한 서브 채널 할당 장치의 개략 구성도.

도 9는 본 발명에 따른 서브 채널 할당 기법이 적용되는 기본 단위인 섹터 및 2-Tier 셀 구조를 나타낸 도.

도 10은 본 발명에 따른 서브 채널 할당 기법을 적용하기 위한 무선 자원 구조를 나타낸 도.

도 11은 본 발명에 따른 서브 채널 할당 기법을 적용하기 위한 대상 시스템의 기본적인 파라미터를 나타낸 도.

도 12는 본 발명에 따른 서브 채널 할당 기법인 ASA 알고리즘을 나타낸 도.

도 13은 본 발명의 동작 흐름도.

도 14는 본 발명에 따른 서브 채널 할당 기법인 ASA 알고리즘에 의한 사용자별 서브 채널 할당 결과를 나타낸 도.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

111 : CRC 삽입기 113 : 인코더

115 : 심벌 매핑기 117 : 서브 채널 할당기

119 : 직렬/병렬 변환기 121 : 파일럿 심벌 삽입기

123 : IFFT 변환기 125 : 병렬/직렬 변환기

127 : 보호 구간 삽입기 129 : D/A변환기

131 : 무선 주파수 처리기

도면

도면1

$$m_k \leftarrow \left\lceil \frac{R_k}{R_{\max}} \right\rceil, \quad k = 0, \dots, K-1$$

while $\sum_{k=0}^{K-1} m_k > N$, do

$$k^* \leftarrow \arg \min_{0 \leq k \leq K-1} m_k$$

$$m_{k^*} \leftarrow 0$$

end while

while $\sum_{k=0}^{K-1} m_k < N$, do

$$G_k \leftarrow \frac{m_k + 1}{H_k} f\left(\frac{R_{\min}^k}{m_k + 1}\right), \quad k = 0, \dots, K-1$$

$$l \leftarrow \arg \min_{0 \leq k \leq K-1} G_k$$

$$m_l \leftarrow m_l + 1$$

end while

도면2

Ensure : m_k is the number of subcarriers allocated
to each user $C_k \leftarrow \{\}$ for $k = 0, \dots, K-1$

for each subcarrier $n = 0 : N-1$, do

$$k^* \leftarrow \arg \max_{0 \leq k \leq K-1} |H_k(n)|^2$$

Let $\#C_k$ denote the cardinality of set C_k

while ($\#C_{k^*} = m_{k^*}$) do

$$|H_{k^*}(n)|^2 \leftarrow 0$$

$$k^* \leftarrow \arg \max_{0 \leq k \leq K-1} |H_k(n)|^2$$

end while

$$C_{k^*} \leftarrow C_{k^*} \cup \{n^*\}$$

end for

도면3

	U1	U2	U3	U4
S1	1	6	2	5
S2	2	6	6	8
S3	3	8	2	7
S4	9	3	6	4
S5	5	2	3	1
S6	2	2	1	6
S7	1	1	3	4
S8	2	7	2	9



	U1	U2	U3	U4
S1	0	¹ 6	0	0
S2	0	0	0	² 8
S3	0	³ 8	0	0
S4	⁴ 9	0	0	0
S5	⁵ 5	0	0	0
S6	0	0	0	⁶ 6
S7	0	0	⁷ 3	0
S8	0	0	⁸ 2	0

Acquired Datarate = 47

도면4

Ensure : m_k is the number of subcarriers allocated
to each user $C_k \leftarrow \{\}$ for $k = 0, \dots, K-1$

while (some of subcarriers are not allocated)

$k^*, n^* \leftarrow \arg \max_k \max_{1 \leq n \leq N} (H_k(n))$

Let $\#C_k$ denote the cardinality of set C_k

while ($\#C_{k^*} \geq m_{k^*}$) do

$H_{k^*}(1:N) = -1$

$k^*, n^* \leftarrow \arg \max_k \max_{1, n \leq N} (H_k(n))$

end while

$C_{k^*} = C_{k^*} \cup \{n^*\}$

for all k

$H_k(n^*) = -1$

end for

end while

도면5

	U1	U2	U3	U4
S1	1	6	2	5
S2	2	6	6	8
S3	3	8	2	7
S4	9	3	6	4
S5	5	2	3	1
S6	2	2	1	6
S7	1	1	3	4
S8	2	7	2	9



	U1	U2	U3	U4
S1	-1	⁵ 6	-1	-1
S2	-1	-1	-1	³ 8
S3	-1	⁴ 8	-1	-1
S4	¹ 9	-1	-1	-1
S5	⁶ 6	-1	-1	-1
S6	-1	-1	⁸ 1	-1
S7	-1	-1	⁷ 3	-1
S8	-1	-1	-1	² 9

Acquired Datarate = 49

도면6

Initilization

1. Initial constraint for each user :

$$C_k = r_k$$

2. Set of used subcarriers :

$$A = \{1, 2, \dots, N\}$$

3. For every user, the available set of subcarriers are empty :

$$A_k \leftarrow \{\}, \text{ for } k = 0, \dots, K-1$$

Algorithm

for each subcarrier n do

$$k^* = \arg \max_k C_k$$

$$n^* = \arg \max_{k^*, n} b_{k^*, n}$$

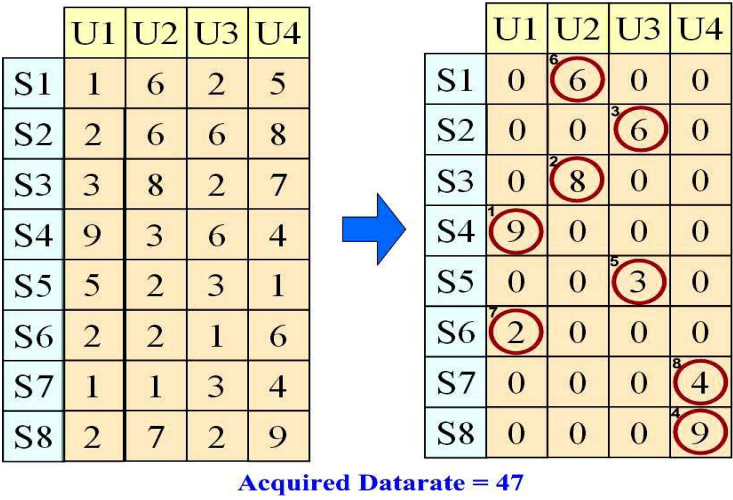
$$A_{k^*} \leftarrow A_{k^*} \cup \{n^*\}$$

$$C_{k^*} \leftarrow C_{k^*} - b_{k^*, n^*}$$

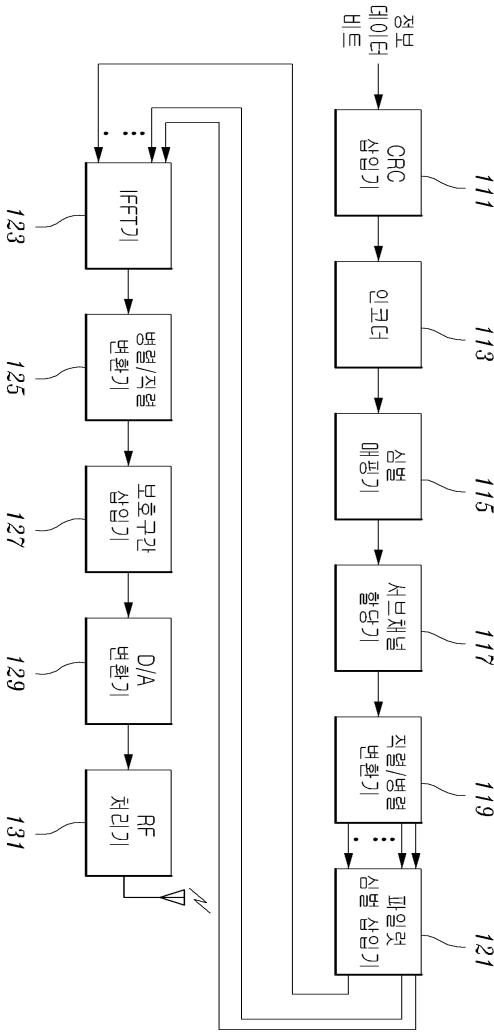
$$A \leftarrow A \setminus \{n^*\}$$

end for

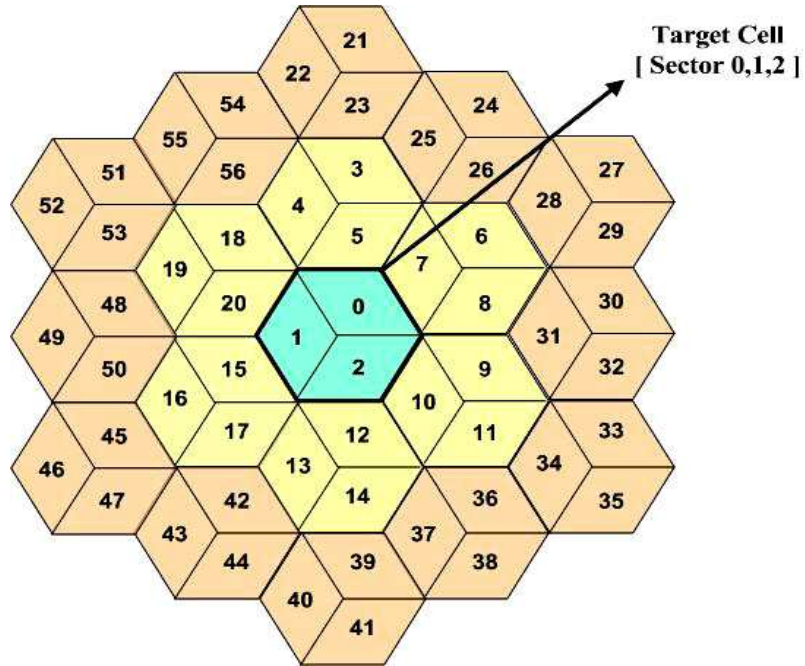
도면7



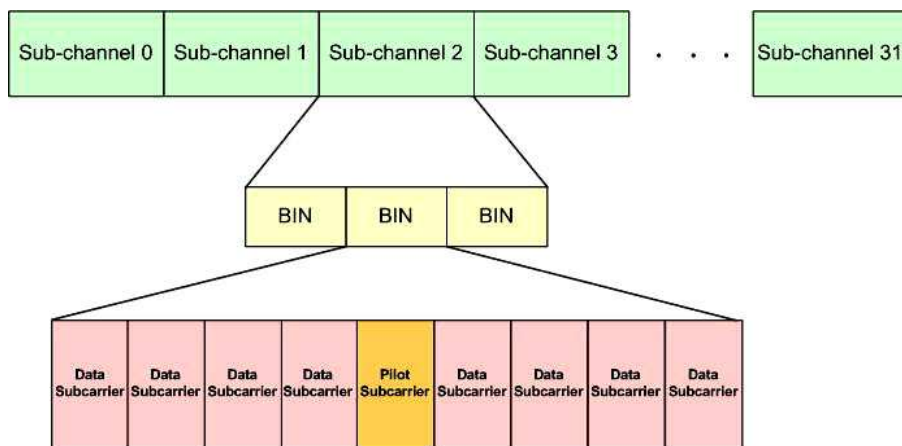
도면8



도면9



도면10



도면11

파라미터	Value
서브 캐리어수	1024
유효 서브 캐리어수	768
파일럿 서브 캐리어수	96
샘플링 주파수	10 MHz
서브-채널수	32
서브-채널당 서브 캐리어수	27

도면12

Initilization

1. Set User's Required Datarate

$$C_k = r_k$$

2. Set Each User's Subchannel's Datarate

for each user (1:K)

for each subchannel (1:N) do

$$S_{k,n} = b_{k,n}$$

end

end

3. Set of used subchannels

$$A = \{1, 2, \dots, N\}$$

4. For every user, the available set of subchannels are empty :

$$A_k \leftarrow \{\}, \text{ for } k = 0, \dots, K-1$$

5. Determined Datarate by k^* th user's n^{**} th subchannel's Datarate

$$r_{k^*,n^{**}}$$

Algorithm

for each subchannel n do

$$k^* = \arg \max_k C_k$$

$$n^* = \arg \max_{k^*,n} S_{k^*,n}$$

if k^* has many n^* , n^* : same Datarate subchannels

$$n^{**} \leftarrow \arg \min \left(\sum_{k=1, k \neq k^*}^K S_{k,n^*} \right)$$

else

$$n^{**} \leftarrow n^*$$

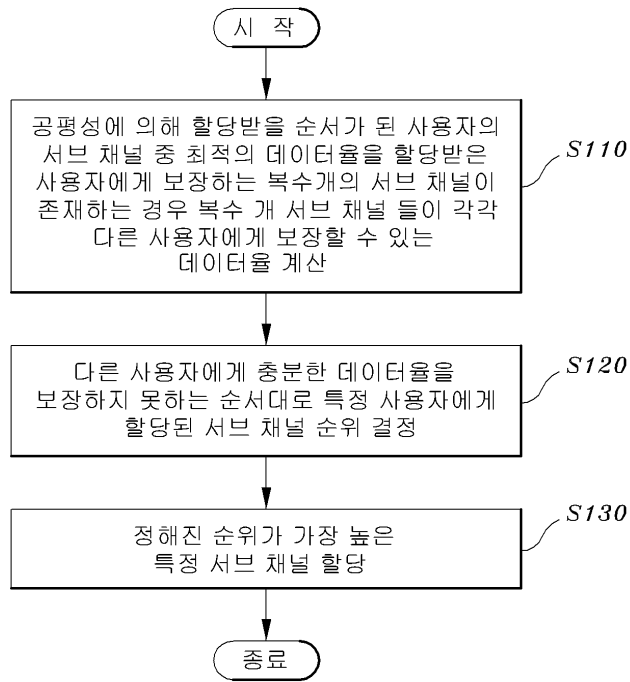
$$A_{k^*} \leftarrow A_{k^*} \cup \{n^{**}\}$$

$$C_{k^*} \leftarrow C_{k^*} - r_{k^*,n^{**}}$$

$$A \leftarrow A \setminus \{n^{**}\}$$

end for

도면13



도면14

	U1	U2	U3	U4
S1	1	6	2	5
S2	2	6	6	8
S3	3	8	2	7
S4	9	3	6	4
S5	5	2	3	1
S6	2	2	1	6
S7	1	1	3	4
S8	2	7	2	9

➔

	U1	U2	U3	U4
S1	0	6 ⁶	0	0
S2	0	0	6 ³	0
S3	0	8 ²	0	0
S4	9 ¹	0	0	0
S5	5 ⁷	0	0	0
S6	0	0	0	6 ⁸
S7	0	0	3 ⁵	0
S8	0	0	0	9 ⁴

Acquired Datarate = 52