



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.

H04L 12/28 (2006.01)

H04B 7/26 (2006.01)

(11) 공개번호

10-2007-0068930

(43) 공개일자

2007년07월02일

(21) 출원번호 10-2005-0131028

(22) 출원일자 2005년12월27일

심사청구일자 없음

(71) 출원인 삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 매탄동 416
서강대학교산학협력단
서울 마포구 신수동 1-1 서강대학교

(72) 발명자 김종인
서울특별시 종로구 평창동 570-1
황인석
서울특별시 송파구 문정동 66-10번지 402호
홍대형
서울특별시 마포구 신수동
최진우
서울특별시 마포구 신수동
최호영
서울특별시 마포구 신수동
김동건
서울특별시 마포구 신수동
정중호
서울특별시 서초구 잠원동 63-34 잠원한신로얄아파트 1동 110호
윤순영
서울특별시 송파구 잠실7동 아시아선수촌아파트 9동 106호

(74) 대리인 이건주

전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 다수개의 채널들을 사용하는 통신 시스템에서 스케줄링방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 다수개의 채널들을 사용하는 통신 시스템에서의 스케줄링(scheduling) 방법 및 장치에 관한 것이다. 이를 위해 본 발명은, B개의 채널들을 사용하는 통신 시스템의 송신기에서 스케줄링 방법에 있어서, 상기 송신기에서 서비스하고 있는 M개의 수신기들 각각을 타겟(target)으로 하는 데이터를 저장하는 과정과, 스케줄링 시점에서 미리 설정되어 있는 스케줄링 방식에 상응하게 상기 M개의 수신기들 중 B개의 채널들 각각을 통해 데이터를 송신할 수신기를 할당하는 과정을 포함한다.

대표도

도 3

특허청구의 범위

청구항 1.

B개의 채널들을 사용하는 통신 시스템의 송신기에서 스케줄링 방법에 있어서,

상기 송신기에서 서비스하고 있는 M개의 수신기들 각각을 타겟(target)으로 하는 데이터를 저장하는 과정과,

스케줄링 시점에서 미리 설정되어 있는 스케줄링 방식에 상응하게 상기 M개의 수신기들 중 B개의 채널들 각각을 통해 데이터를 송신할 수신기를 할당하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 스케줄링 방법.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 스케줄링 방식은 비례 공평성(Proportional Fairness) 스케줄링 방식인 것을 특징으로 하는 스케줄링 방법.

청구항 3.

제2항에 있어서,

상기 M개의 수신기들 중 B개의 채널들 각각을 통해 데이터를 송신할 수신기를 할당하는 과정은,

상기 M개의 수신기들로부터 각각 피드백 받은 채널 품질 정보에 상응하여 상기 B개의 채널들 중에서 우수한 채널 상태를 가지는 소정 개수의 채널들을 각각 선택하고, 상기 선택한 소정 개수의 채널들 각각에 대해 상기 비례 공평성 방식을 기반으로 한 우선순위에 상응하게 상기 소정 개수의 채널들 각각을 통해 데이터를 송신할 수신기들을 예비 할당하고, 상기 소정 개수의 채널들에 대해서 할당이 확정되지 않은 채널들 중 우선순위가 최대인 채널과 상기 우선순위가 최대인 채널에 상응하는 수신기를 결정하는 것을 특징으로 하는 스케줄링 방법.

청구항 4.

제1항에 있어서,

상기 B개의 채널들 각각에 할당된 수신기를 타겟으로 하는 데이터를 미리 설정되어 있는 채널 부호화 방식에 상응하게 채널 부호화하는 과정과,

상기 채널 부호화한 신호들을 미리 설정되어 있는 성상도 매핑 방식에 상응하게 성상도 매핑하는 과정과,

상기 성상도 매핑한 신호들을 미리 설정되어 있는 변조 방식으로 변조하여 상기 수신기들로 송신하도록 처리하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 스케줄링 방법.

청구항 5.

제4항에 있어서,

상기 채널 부호화 방식은 해당 채널에 할당된 수신기로부터 피드백 받은 채널 품질 정보에 상응하게 결정되는 것을 특징으로 하는 스케줄링 방법.

청구항 6.

제4항에 있어서,

상기 성상도 매핑 방식은 해당 채널에 할당된 수신기로부터 피드백 받은 채널 품질 정보에 상응하게 결정되는 것을 특징으로 하는 스케줄링 방법.

청구항 7.

B개의 채널들을 사용하는 통신 시스템의 송신기에서 스케줄링 장치에 있어서,

송신기에서 서비스하고 있는 M개의 수신기들 각각을 타겟(target)으로 하는 데이터를 저장하는 M개의 큐들과,

스케줄링 시점에서 미리 설정되어 있는 스케줄링 방식에 상응하게 상기 M개의 수신기들 중 B개의 채널들 각각을 통해 데이터를 송신할 수신기를 할당하는 스케줄러를 포함하는 것을 특징으로 하는 스케줄링 장치.

청구항 8.

제7항에 있어서,

상기 스케줄링 방식은 비례 공정성(Proportional Fairness) 스케줄링 방식인 것을 특징으로 하는 스케줄링 장치.

청구항 9.

제8항에 있어서,

상기 스케줄러는, 상기 M개의 수신기들로부터 각각 피드백 받은 채널 품질 정보에 상응하여 상기 B개의 채널들 중에서 우수한 채널 상태를 가지는 소정 개수의 채널들을 각각 선택하고, 상기 선택한 소정 개수의 채널들 각각에 대해 상기 비례 공정성 방식을 기반으로 한 우선순위에 상응하게 상기 소정 개수의 채널들 각각을 통해 데이터를 송신할 수신기들을 예비 할당하고, 상기 소정 개수의 채널들에 대해서 할당이 확정되지 않은 채널들 중 우선순위가 최대인 채널과 상기 우선순위가 최대인 채널에 상응하는 수신기를 결정하는 것을 특징으로 하는 스케줄링 장치.

청구항 10.

제7항에 있어서,

상기 B개의 채널들 각각에 매핑되며, 상기 스케줄러에 의해 해당 채널에 할당된 수신기를 타겟으로 하는 데이터를 미리 설정되어 있는 채널 부호화 방식에 상응하게 채널 부호화하는 B개의 채널 부호화기들과,

상기 B개의 채널 부호화기들 각각에서 채널 부호화한 신호들을 미리 설정되어 있는 성상도 매핑 방식에 상응하게 성상도 매핑하는 B개의 성상도 매핑기들과,

상기 B개의 성상도 매핑기들 각각에서 성상도 매핑한 신호들을 미리 설정되어 있는 변조 방식으로 변조하여 상기 수신기들로 송신하도록 처리하는 송신기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 스케줄링 장치.

청구항 11.

제10항에 있어서,

상기 채널 부호화 방식은 해당 채널에 할당된 수신기로부터 피드백 받은 채널 품질 정보에 상응하게 결정되는 것을 특징으로 하는 스케줄링 장치.

청구항 12.

제10항에 있어서,

상기 성상도 매핑 방식은 해당 채널에 할당된 수신기로부터 피드백 받은 채널 품질 정보에 상응하게 결정되는 것을 특징으로 하는 스케줄링 장치.

명세서**발명의 상세한 설명****발명의 목적****발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

본 발명은 통신 시스템에 관한 것으로서, 특히 다수개의 채널들을 사용하는 통신 시스템에서의 스케줄링(scheduling) 방법 및 장치에 관한 것이다.

차세대 통신 시스템인 4세대(4G: 4th Generation, 이하 '4G'라 칭하기로 한다) 통신 시스템에서는 고속의 다양한 서비스 품질(QoS: Quality of Service, 이하 'QoS'라 칭하기로 한다)을 가지는 서비스들을 사용자들에게 제공하기 위한 활발한 연구가 진행되고 있다. 특히, 현재 4G 통신 시스템에서는 무선 근거리 통신 네트워크(LAN: Local Area Network, 이하 'LAN'이라 칭하기로 한다) 시스템 및 무선 도시 지역 네트워크(MAN: Metropolitan Area Network, 이하 'MAN'이라 칭하기로 한다) 시스템과 같은 광대역 무선 접속(BWA: Broadband Wireless Access, 이하 'BWA'라 칭하기로 한다) 통신 시스템에 이동성(mobility)과 서비스 품질(QoS: Quality of Service)을 보장하는 형태로 고속 서비스를 지원하도록 하는 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 그 대표적인 통신 시스템이 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.16a/d 통신 시스템 및 IEEE 802.16e 통신 시스템이다.

상기 BWA 통신 시스템인 IEEE 802.16a/d 통신 시스템 및 IEEE 802.16e 통신 시스템은 상기 무선 MAN 시스템의 물리 채널(physical channel)에 광대역(broadband) 전송 네트워크를 지원하기 위해 직교 주파수 분할 다중(OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 이하 'OFDM'이라 칭하기로 한다)/직교 주파수 분할 다중 접속(OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access, 이하 'OFDMA'이라 칭하기로 한다) 방식을 적용한 통신 시스템이다. 상기 IEEE 802.16a/d 통신 시스템은 현재 가입자 단말기(SS: Subscriber Station, 이하 'SS'라 칭하기로 한다)가 고정된 상태, 즉 SS의 이동성을 전혀 고려하지 않은 상태 및 단일 셀 구조만을 고려하고 있는 시스템이다. 이와는 달리 IEEE 802.16e 통신 시스템은 상기 IEEE 802.16a 통신 시스템에 SS의 이동성을 고려하는 시스템이며, 상기 이동성을 가지는 SS를 이동 단말기(MS: Mobile Station, 이하 'MS'라 칭하기로 한다)라고 칭하기로 한다.

또한, 상기 BWA 통신 시스템에서는 다수개의 MS들 각각에 대해 자원을 효율적으로 할당해야만 하는데, 상기 자원을 효율적으로 할당하는 스케줄링 방식에 대해서 설명하면 다음과 같다.

일반적인 BWA 통신 시스템에서 송신기, 일예로 기지국(BS: Base Station, 이하 'BS'라 칭하기로 한다)에서 송신하는 1개의 채널, 일예로 패킷 데이터 채널(packet data channel)은 다수개의 수신기들, 예컨대 다수개의 MS들이 공유하여 사용하는데, 이때 단일 스케줄러(scheduler)가 스케줄링을 수행한다.

도 1은 일반적인 BWA 통신 시스템에서 기지국의 스케줄링 장치의 구조를 개략적으로 도시한 도면이다.

상기 도 1을 참조하면, 상기 스케줄링 장치는, 다수개의, 일예로 M개의 MS 큐(queue)들, 즉 제1MS(MS#1)큐(111-1) 내지 제M MS(MS#M)큐(111-M)와, 패킷 스케줄러(113)와, 서브 채널 할당기(115)와, 채널 부호화기(117)와, 성상도 매핑기(119)와, OFDM 변조기(121)와, 무선 주파수(RF: Radio Frequency, 이하 'RF'라 칭하기로 한다) 처리기(123)와, 안테나(125)를 포함한다.

먼저, 상기 기지국에서 서비스를 제공받고 있는 MS들의 개수가 M개라면, 즉 제1MS 내지 제M MS가 존재한다고 가정하면, 상기 제1MS 내지 제M MS를 타겟(target)으로 하는 패킷 데이터는 해당 큐들로 전달된다. 즉, 상기 제1MS를 타겟으로 하는 패킷 데이터는 상기 제1MS 큐(111-1)로 전달되고, 제M MS를 타겟으로 하는 패킷 데이터는 상기 제M MS 큐(111-M)로 전달된다.

이렇게 상기 제1MS 큐(111-1) 내지 제M MS 큐(111-M)에 패킷 데이터들이 저장되면, 상기 패킷 스케줄러(113)는 스케줄링 시점, 일예로 전송 시구간(TTI: Transmit Time Interval, 이하 'TTI'라 칭하기로 한다)마다 미리 설정되어 있는 스케줄링 방식에 상응하게 해당 TTI에서의 자원, 일예로 단일 채널 자원을 특정 MS에게 할당하도록 제어한다. 여기서, 일반적인 BWA 통신 시스템에서는 단일 패킷 스케줄러가 사용되므로, 상기 도 1에 도시한 패킷 스케줄러(113) 역시 단일 패킷 스케줄러가 된다. 여기서, 상기 패킷 스케줄러(113)는 비례 공평성(PF: Proportional Fairness, 이하 'PF'라 칭하기로 한다) 방식을 사용하여 스케줄링 동작을 수행한다고 가정하기로 한다. 그러면, 상기 패킷 스케줄러(113)의 스케줄링 동작에 대해 이하에서 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

먼저, 상기 패킷 스케줄러(113)가 상기 PF 방식을 사용하여 스케줄링 동작을 수행한다고 가정하였으므로, 상기 패킷 스케줄러(113)는 상기 M개의 MS들 각각으로부터 피드백(feedback)받은 채널 품질 정보(CQI: Channel Quality Information, 이하 'CQI'라 칭하기로 한다), 일예로 캐리어대 간섭 잡음비(CINR: Carrier to Interference and Noise Ratio, 이하 'CINR'이라 칭하기로 한다)와 상기 M개의 MS들 각각에게 송신된 평균 데이터량을 고려하여 상기 M개의 MS들 각각의 우선순위를 결정한다. 여기서, 상기 PF 방식은 MS들 간 공평성(fairness)을 보장하면서도 전체 전송량을 최대화시키는 스케줄링 방식으로, 성능 역시 비교적 우수하기 때문에 널리 사용되고 있는 스케줄링 방식들 중 한 방식이다.

그러면, 상기 패킷 스케줄러(113)가 사용하는 상기 PF 방식에 따른 스케줄링 알고리즘에 대해서 설명하면 다음과 같다.

(1) 스케줄링 시점 n, 즉 제n TTI(TTI#n)에서 각 MS i(MS#i)에 대한 우선순위 함수 $P_i[n]$ 을 계산한다.

(2) 우선순위 함수 $P_i[n]$ 의 값이 최대인 MS에게 해당 TTI의 단일 채널을 할당한다. 여기서, 상기 우선순위 함수 $P_i[n]$ 은 하기 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_i[n] = \frac{(DRR_i[n])^\alpha}{(T_i[n])^\beta}$$

상기 수학적 식 1에서 $DRR_i[n]$ 은 각 MS가 피드백한 CQI인 CINR에서 특정 TTI에서 송신 가능한 데이터 양을 나타내며, $T_i[n]$ 은 현재 시점까지 각 MS에게 송신한 데이터 양의 평균을 나타내며, α 와 β 는 MS들 간 공평성을 조정하는 파라미터(parameter)를 나타낸다. 여기서, 상기 $T_i[n]$ 은 하기 수학적 식 2와 수학적 식 3과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_i[n] = \lambda T_i[n-1]$$

$$T_i[n] = \lambda T_i[n-1] + (1-\lambda) \cdot N_i[n-1]$$

여기서, 상기 수학식 2는 제i MS(MS#i)가 제n-1 TTI(TTI#n-1)에서 할당되지 않았을 경우이고, 상기 수학식 3은 제i MS(MS#i)가 제n-1 TTI(TTI#n-1)에서 할당되었을 경우이며, 이때 송신 데이터량은 $N_i[n-1]$ 이다.

상기 패킷 스케줄러(113)는 해당 TTI의 단일 채널을 할당하기로 결정한 MS의 큐에서 해당 MS의 CINR에 상응하는 변조 및 부호화 방식(MCS: Modulation and Coding Scheme, 이하 'MCS'라 칭하기로 한다)과 해당 TTI에 존재하는 톤(tone), 즉 서브 캐리어(sub-carrier) 개수의 곱으로 결정되는 양만큼의 데이터를 해당 MS에게 송신하도록 제어한다. 이하, 설명의 편의상 상기 톤 표현과 서브 캐리어 표현을 혼용하여 사용하기로 한다.

일례로, 1개의 TTI가 1개의 단일 채널, 일례로 서브 채널(sub-channel)을 포함하고, 1개의 서브 채널이 48개의 톤들을 포함한다고 가정하고, 상기 해당 MS의 CINR에 상응하는 MCS가 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 1/2이라고 가정하면, 총 48비트(48bits)의 데이터가 송신된다. 즉, MS들 별로 CQI가 상이하므로 해당 TTI에서 송신되는 데이터 양 역시 상이하게 되며 보다 자세한 설명은 도 2를 참조하여 설명할 것이므로 여기서는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 또한, 상기 패킷 스케줄러(113)는 상기 스케줄링 동작에 상응하게 결정된 해당 TTI에서의 서브 채널에 할당된 MS의 할당 정보를 상기 서브 채널 할당기(115)로 출력한다. 그러면, 상기 서브 채널 할당기(115)는 상기 패킷 스케줄러(113)에서 출력한 해당 TTI에서의 서브 채널에 할당된 MS의 할당 정보에 상응하게 해당 TTI에서 서브 채널을 해당 MS에게 할당한 후 상기 OFDM 변조기(121)로 출력한다.

상기 채널 부호화기(117)는 상기 패킷 스케줄러(113)에서 결정한 해당 MS의 데이터를 미리 설정되어 있는, 즉 상기 해당 MS의 CQI에 상응하게 결정되어 있는 채널 부호화 방식에 상응하게 채널 부호화한 후 상기 성상도 매핑기(119)로 출력한다. 여기서, 상기 채널 부호화기(117)의 채널 부호화 방식은 설명의 편의상 부호화율(coding rate)이라고 가정하기로 한다. 상기 성상도 매핑기(119)는 상기 채널 부호화기(117)에서 출력한 신호를 미리 설정되어 있는, 즉 상기 해당 MS의 CQI에 상응하게 결정된 성상도 매핑 방식에 상응하게 성상도 매핑한 후 상기 OFDM 변조기(121)로 출력한다. 여기서, 상기 성상도 매핑 방식은 상기 QPSK 방식 등이 될 수 있다.

상기 OFDM 변조기(121)는 상기 성상도 매핑기(119)에서 출력한 신호를 상기 서브 채널 할당기(115)에서 출력한 서브 채널 할당 정보에 상응하게 OFDM 방식으로 변조한 후 상기 RF 처리기(123)로 출력한다. 여기서, 상기 OFDM 변조기(121)의 OFDM 변조 동작은 패킷 스케줄링 동작과 직접적인 연관이 없으므로 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 상기 RF 처리기(123)는 필터(filter)와 전처리기(front end unit) 등의 구성들을 포함하며, 상기 OFDM 변조기(121)에서 RF 처리한 후 상기 안테나(125)를 통해 송신한다.

그러면, 여기서 도 2를 참조하여 도 1의 스케줄링 장치의 스케줄링 동작에 따른 서브 채널별 송신 가능한 데이터 양에 대해서 설명하기로 한다.

상기 도 2는 도 1의 스케줄링 장치의 스케줄링 동작에 따른 서브 채널별 송신 가능한 데이터 양을 개략적으로 도시한 도면이다.

상기 도 2를 참조하면, 상기 스케줄링 장치의 패킷 스케줄러(113)가 해당 TTI의 서브 채널에 할당하기로 결정한 MS들의 CQI는 각 MS들마다 상이하므로 해당 TTI들의 서브 채널들을 별로 선택한 MS들의 CQI들에 상응하여 그 송신 가능한 데이터 양들 역시 상이해진다.

즉, 그 TTI 인덱스(index)가 1인 TTI(TTI#1)에서는 제1MS(MS#1)로 서브 채널을 할당하기로 결정되었다고 가정하고, 그 인덱스가 2인 TTI(TTI#2)에서는 제2MS(MS#2)로 서브 채널을 할당하기로 결정되었다고 가정하고, 그 인덱스가 3인 TTI(TTI#3)에서는 제3MS(MS#3)로 서브 채널을 할당하기로 결정되었다고 가정하기로 한다. 상기 제1MS와, 제2MS 및 제3MS 각각의 CQI가 모두 상이하다고 가정하면, 해당 TTI에서 동일한 서브 채널을 할당한다고 하더라도 그 송신 가능한 데이터 양이 상이해진다. 즉, 상기 도 2에서는, 해당 TTI에서 단일 서브 채널을 할당하여 상기 제1MS에게 송신할 수 있는 데이터 양(211)이 최대가 되고, 상기 제2MS에게 송신할 수 있는 데이터 양(213)이 최소가 된다.

상기에서 설명한 바와 같이 일반적인 BWA 통신 시스템에서의 패킷 스케줄러는 단일 채널, 즉 단일 서브 채널을 사용할 경우만을 고려하여 스케줄링 동작을 수행하고 있다. 따라서, 현재 상기 BWA 통신 시스템에서 고려되고 있는 밴드(band) 적응적 변조 및 부호화(AMC: Adaptive Modulation and Coding) 채널과 같이 다수개의 채널들을 사용할 경우의 스케줄링 동작에 대해서는 고려하고 있지 않아 다수개의 채널들을 사용하는 새로운 스케줄링 방안에 대한 필요성이 대두되고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 목적은 다수개의 채널들을 사용하는 통신 시스템에서 스케줄링 방법 및 장치를 제공함에 있다.

본 발명의 다른 목적은 다수개의 채널들을 사용하는 통신 시스템에서 시간에 따라 변하는 다수개의 채널들의 채널 상태와 MS들의 채널 상태에 상응한 스케줄링 방법 및 장치를 제공함에 있다.

상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 방법은, B개의 채널들을 사용하는 통신 시스템의 송신기에서 스케줄링 방법에 있어서, 상기 송신기에서 서비스하고 있는 M개의 수신기들 각각을 타겟(target)으로 하는 데이터를 저장하는 과정과, 스케줄링 시점에서 미리 설정되어 있는 스케줄링 방식에 상응하게 상기 M개의 수신기들 중 B개의 채널들 각각을 통해 데이터를 송신할 수신기를 할당하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 장치는, B개의 채널들을 사용하는 통신 시스템의 송신기에서 스케줄링 장치에 있어서, 송신기에서 서비스하고 있는 M개의 수신기들 각각을 타겟(target)으로 하는 데이터를 저장하는 M개의 큐들과, 스케줄링 시점에서 미리 설정되어 있는 스케줄링 방식에 상응하게 상기 M개의 수신기들 중 B개의 채널들 각각을 통해 데이터를 송신할 수신기를 할당하는 스케줄러를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 구성

이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 하기의 설명에서는 본 발명에 따른 동작을 이해하는데 필요한 부분만이 설명되며 그 이외 부분의 설명은 본 발명의 요지를 흐트리지 않도록 생략될 것이라는 것을 유의하여야 한다.

본 발명은, 다수개의 채널들을 사용하는 통신 시스템, 일예로 광대역 무선 접속(BWA: Broadband Wireless Access, 이하 'BWA'라 칭하기로 한다) 통신 시스템인 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.16e 통신 시스템에서 스케줄링(scheduling) 방법 및 장치를 제안한다. 여기서, 상기 다수개의 채널들이라 함은 다수개의 밴드(band) 적응적 변조 및 부호화(AMC: Adaptive Modulation and Coding, 이하 'AMC'라 칭하기로 한다) 채널들이라고 가정하기로 한다. 또한, 본 발명은, 통신 시스템에서 송신기, 일예로 기지국(BS: Base Station, 이하 'BS'라 칭하기로 한다)에서 송신하는 다수개의 채널들을 다수개의 수신기들, 일예로 이동 단말기(MS: Mobile Station, 이하 'MS'라 칭하기로 한다)들에게 할당할 경우 시간에 따라 변화하는 MS들의 채널 상태와 상기 MS들에 따라 상이한 채널 상태에 상응하여 채널, 즉 자원을 효율적으로 할당하는 스케줄링 방법 및 장치를 제안한다.

후술할 본 발명의 실시예에서는, 다수개의 MS들마다 사용 가능한 다수개의 채널들 중에서 채널 상태가 우수한 채널을 할당하며, 이때 상기 할당한 채널은 시간에 따라 채널 상태가 변하므로 상기 할당한 채널의 상태가 우수할 때 MS들에게 채널을 할당한다. 또한, 본 발명의 실시예에서는, 상기 채널 상태가 우수한 채널을 다수개의 MS들이 사용 가능하므로 상기 채널 상태가 우수한 채널의 우선순위가 최대인 MS에게 할당한다. 다시 말해, 후술할 본 발명의 실시예에서는, 각 채널들과 각 MS들의 채널 상태를 고려하여 우선순위가 최대인 채널과 MS를 결정하여 스케줄링을 수행한다. 아울러, 후술할 본 발명의 실시예에서는, 설명의 편의상 BWA 통신 시스템, 예컨대 IEEE 802.16e 통신 시스템을 일예로 하여 설명하지만, 본 발명에서 제안하는 스케줄링 방법 및 장치,는 상기 IEEE 802.16e 통신 시스템 뿐만 아니라 다른 통신 시스템들에도 적용될 수 있음은 물론이다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 '톤(tone)'과 '서브 캐리어(sub-carrier)' 용어를 혼용하여 사용함에 유의하여야만 한다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 BWA 통신 시스템에서 송신기, 일예로 BS의 패킷 스케줄링 장치의 구조를 개략적으로 도시한 도면이다.

상기 도 3을 참조하면, 상기 패킷 스케줄링 장치는 다수개의, 일예로 M개의 MS 큐(queue)들, 즉 제1MS(MS#1)큐(311-1) 내지 제M MS(MS#M)(311-M)와, 병렬 패킷 스케줄러(313)와, 다수개의, 일예로 B개의 채널 부호화기들, 즉 제1채널 부호화기(315-1) 내지 제B채널 부호화기(315-B)와, 다수개의, 일예로 B개의 성상도 매핑기들, 즉 제1성상도 매핑기

(317-1) 내지 제B성상도 매핑기(317-B)와, 직교 주파수 분할 다중(OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 이하 'OFDM'이라 칭하기로 한다) 변조기(319)와, 무선 주파수(RF: Radio Frequency, 이하 'RF'라 칭하기로 한다) 처리기(321)와, 안테나(323)와, 서버 채널 할당기(325)를 포함한다.

먼저, 상기 기지국에서 서비스를 제공하고 있는 MS들의 개수가 M개, 즉 제1MS 내지 제M MS가 존재한다고 가정하면, 상기 제1MS 내지 제M MS를 타겟(target)으로 하는 패킷 데이터는 해당 큐들로 전달된다. 즉, 상기 제1MS를 타겟으로 하는 패킷 데이터는 상기 제1MS 큐(311-1)로 전달되고, 이러한 방식으로 제M MS를 타겟으로 하는 패킷 데이터는 상기 제M MS 큐(311-M)로 전달된다.

이렇게 상기 제1MS 큐(311-1) 내지 제M MS 큐(311-M)에 패킷 데이터들이 저장되면, 상기 병렬 패킷 스케줄러(313)는 스케줄링 시점, 일예로 전송 시구간(TTI: Transmit Time Interval, 이하 'TTI'라 칭하기로 한다)마다 미리 설정되어 있는 스케줄링 방식에 상응하게 해당 TTI에서의 자원, 즉 다수개의 채널 자원들을 특정 MS들에게 할당하도록 제어한다. 상기 도 3에서는 상기 해당 TTI에서의 자원이 B개의 밴드 AMC 채널들이 되는 것이며, 따라서 상기 병렬 패킷 스케줄러(313)는 상기 B개의 채널들 각각에 대해 데이터를 송신할 MS를 할당한다. 또한, 상기 채널들 각각은 1개의 밴드 AMC 채널을 포함한다고 가정하기로 한다. 여기서, 본 발명의 실시예에 따른 BWA 통신 시스템에서는 상기 병렬 패킷 스케줄러(313)는 다수개의 밴드 AMC 채널들을 병렬로 스케줄링하며, 비례 공평성(PF: Proportional Fairness, 이하 'PF'라 칭하기로 한다) 방식을 사용하여 스케줄링 동작을 수행한다고 가정하기로 한다.

그러면, 상기 병렬 패킷 스케줄러(313)의 스케줄링 동작에 대해서 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 상기 병렬 패킷 스케줄러(313)가 상기 PF 방식을 사용하여 스케줄링 동작을 수행한다고 가정하였으므로, 상기 병렬 패킷 스케줄러(313)는 상기 제1MS 내지 제 M MS 각각으로부터 피드백(feedback)받은 채널 품질 정보(CQI: Channel Quality Information, 이하 'CQI'라 칭하기로 한다), 일예로 캐리어대 간섭 잡음비(CINR: Carrier to Interference and Noise Ratio, 이하 'CINR'이라 칭하기로 한다)와 상기 제1MS 내지 제 M MS 각각에게 송신된 평균 데이터 양을 고려하여 각 채널별로 MS들의 우선순위를 결정한다. 여기서, 상기 PF 방식은 MS들 간 공평성(fairness)도 보장하면서 전체 전송량을 최대화시키는 스케줄링 방식으로서, 성능 또한 비교적 우수하기 때문에 널리 사용되고 있는 스케줄링 방식들 중 한 방식이다.

그러면, 상기 패킷 스케줄러(313)가 사용하는 상기 PF 방식에 따른 스케줄링 알고리즘에 대해서 설명하면 다음과 같다.

(1) 스케줄링 시점 n, 즉 제n TTI(TTI#n)에서 각 채널#j에 대해서 MS i(MS#i)에 대한 우선순위 함수 $P_{i,j}[n]$ 을 계산한다.

(2) 해당 TTI에서 각 채널에 우선순위 함수 $P_{i,j}[n]$ 의 값이 최대인 MS에게 해당 채널을 할당한다. 여기서, 상기 우선순위 함수 $P_{i,j}[n]$ 는 하기 수학식 4와 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{i,j}[n] = \frac{(DRR_{i,j}[n])^\alpha}{(T_{i,j}[n])^\beta}$$

상기 수학식 3에서 $DRR_{i,j}[n]$ 은 각 MS가 각 채널별로 피드백한 CQI인 CINR에서 특정 TTI에서 송신 가능한 데이터 양을 나타내며, $T_i[n]$ 은 현재 시점까지 각 MS에게 송신한 데이터 양의 평균을 나타내며, α 와 β 는 MS들 간 공평성을 조정하는 파라미터(parameter)를 나타낸다. 여기서, 상기 $T_i[n]$ 은 하기 수학식 5 같이 나타낼 수 있다.

$$T_i[n] = \sum_j T_{i,j}[n]$$

상기 수학식 5에서 $T_{i,j}[n]$ 은 하기 수학식 6과 수학식 7과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_{i,j}[n] = \lambda T_{i,j}[n-1]$$

$$T_{i,j}[n] = \lambda T_{i,j}[n-1] + (1-\lambda) \cdot N_{i,j}[n-1]$$

여기서, 상기 수학식 6은 제n-1 TTI(TTI#n-1)에서 제i MS(MS#i)가 제j 채널(채널#j)에서 할당되지 않았을 경우이고, 상기 수학식 7은 제n-1 TTI(TTI#n-1)에서 제i MS(MS#i)가 제j 채널(채널#j)에서 할당되었을 경우이며, 이때 송신 데이터량은 $N_{i,j}[n-1]$ 이다.

상기 병렬 패킷 스케줄러(313)는 상기 각 채널별로 데이터를 송신하기로 할당한 MS의 큐에서 해당 MS의 CINR에 상응하는 변조 및 부호화 방식(MCS: Modulation and Coding Scheme, 이하 'MCS'라 칭하기로 한다)과 해당 TTI의 해당 채널에 존재하는 톤 개수의 곱으로 결정되는 양만큼의 데이터를 해당 MS에게 송신하도록 제어한다. 또한, 상기 병렬 패킷 스케줄러(313)는 상기 스케줄링 동작에 상응하게 결정된 해당 TTI에서 각 채널들의 MS 할당 정보를 상기 서브 채널 할당기(325)로 출력한다. 그러면, 상기 서브 채널 할당기(325)는 상기 병렬 패킷 스케줄러(313)에서 출력한 해당 TTI에서 각 채널별 MS 할당 정보에 상응하게 해당 TTI의 각 채널에서 밴드 AMC 서브 채널을 해당 MS에게 할당한 후 상기 OFDM 변조기(319)로 출력한다.

또한, 상기 제1채널 부호화기(315-1)는 상기 병렬 패킷 스케줄러(313)에서 결정한 채널, 즉 제1채널(채널#1)에 대해 선택한 해당 MS의 데이터를 미리 설정되어 있는, 즉 상기 해당 MS의 CQI에 상응하게 결정된 채널 부호화 방식에 상응하게 채널 부호화한 후 상기 제1성상도 매핑기(317-1)로 출력한다. 여기서, 상기 제1채널 부호화기(315-1)의 채널 부호화 방식은 설명의 편의상 부호화율(coding rate)라고 가정하기로 한다. 상기 제1성상도 매핑기(317-1)는 상기 제1채널 부호화기(315-1)에서 출력한 신호를 미리 설정되어 있는, 즉 상기 해당 MS의 CQI에 상응하게 결정된 성상도 매핑 방식에 상응하게 성상도 매핑한 후 상기 OFDM 변조기(319)로 출력한다. 여기서, 상기 성상도 매핑 방식은 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 방식 등이 될 수 있다.

이러한 방식으로, 마지막 채널 부호화기인 상기 제B채널 부호화기(315-B)는 상기 병렬 패킷 스케줄러(313)에서 결정한 채널, 즉 제B채널(채널#B)에 대해 선택한 해당 MS의 데이터를 미리 설정되어 있는, 즉 상기 해당 MS의 CQI에 상응하게 결정된 채널 부호화 방식에 상응하게 채널 부호화한 후 상기 제B성상도 매핑기(317-B)로 출력한다. 여기서, 상기 제1채널 부호화기(315-B)의 채널 부호화 방식은 설명의 편의상 부호화율이라고 가정하기로 한다. 상기 제B성상도 매핑기(317-B)는 상기 제B채널 부호화기(315-B)에서 출력한 신호를 미리 설정되어 있는, 즉 상기 해당 MS의 CQI에 상응하게 결정된 성상도 매핑 방식에 상응하게 성상도 매핑한 후 상기 OFDM 변조기(319)로 출력한다. 여기서, 상기 성상도 매핑 방식은 QPSK 방식 등이 될 수 있다.

상기 OFDM 변조기(319)는 상기 제1성상도 매핑기(317-1) 내지 제B성상도 매핑기(317-B)에서 출력한 신호를 상기 서브 채널 할당기(325)에서 출력한 각 밴드 AMC 채널별 서브 채널 할당 정보에 상응하게 OFDM 방식으로 변조한 후 상기 RF 처리기(321)로 출력한다. 여기서, 상기 OFDM 변조기(319)의 OFDM 변조 동작은 패킷 스케줄링 동작과 직접적인 연관이 없으므로 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 상기 RF 처리기(321)는 필터(filter)와 전처리기(front end unit) 등의 구성들을 포함하며, 상기 OFDM 변조기(319)에서 RF 처리한 후 상기 안테나(323)를 통해 송신한다.

상기 도 3에서 설명한 바와 같은 스케줄링 방식은 1개의 MS가 다수개의 채널들을 사용하여 시간 영역(time domain)인 TTI와 주파수 영역(frequency domain)인 채널의 이차원 영역에서 스케줄링 이득을 최대화시키는 방식이다. 특히, 상기 도 3에서 설명한 바와 같은 스케줄링 방식은, 상기 PF 방식에 상응하게 스케줄링을 수행하므로 다수개의 채널들을 동일한 1개의 MS가 모두 할당받는 경우가 발생하고, 이 경우 해당 MS의 스케줄링 이득은 최대화된다. 상기 도 3에서 설명한 바와 같이 다수개의 채널들을 PF 방식을 고려하여 스케줄링하는 방식을 '병렬 패킷 스케줄링 방식'이라 칭하기로 한다.

그런데, 상기 BWA 통신 시스템에서 시스템의 특성상 1개의 MS가 다수개의 채널들이 아닌, 미리 설정된 개수의, 일예로 1개의 채널만을 할당받는 것이 가능하면, 상기 병렬 패킷 스케줄링 방식을 사용하여 스케줄링을 수행할 경우 전술한 1개의 MS가 1개의 채널만을 할당받을 수 있다는 제한 조건에 위배될 수 있다. 여기서, 상기 BWA 통신 시스템에서 1개의 MS가

할당받는 채널들의 개수를 제한하는 경우는, 예컨대 상기 MS의 용량이 상기 BWA 통신 시스템에서 할당 가능한 다수개의 채널들 모두를 수신할 수 없을 경우이며, 또한 상기 통신 시스템에서 상기 1개의 MS가 할당받는 채널들의 개수를 제한하는 경우는, 본 발명과 직접적인 연관이 없으므로 여기서는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다.

그러면 도 4를 참조하여 상기 통신 시스템에서 1개의 MS가 할당받는 채널들의 개수가 제한된 경우의 스케줄링 방법에 대해서 설명하기로 한다.

상기 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 BWA 통신 시스템에서 1개의 MS가 할당받는 채널들의 개수가 제한된 경우 상기 도 3의 병렬 패킷 스케줄러(313)의 동작을 개략적으로 도시한 도면이다. 여기서, 상기 도 4를 설명하기 전에, 상기 BWA 통신 시스템의 BS에서 서비스를 제공하는 MS들은 총 5개, 즉 제1MS(MS#1) 내지 제5MS(MS#5)라고 가정하고, 상기 각 MS들이 사용하는 채널은 총 5개, 즉 제1채널 내지 제5채널로서 상기 각각의 채널을 담당하는 스케줄러는 총 5개, 즉 제1스케줄러(Scheduler#1) 내지 제5스케줄러(Scheduler#5)라고 가정한다.

또한, 상기 도 3의 병렬 패킷 스케줄러(313)는 다수개의 채널들을 병렬로 스케줄링하며, 앞서 설명한 PF 방식을 사용하면서도 1개의 MS가 1개의 채널만을 할당받는다라는 제한 조건을 적용하여 스케줄링 동작을 수행한다고 가정한다. 즉, 상기 병렬 패킷 스케줄러(313)는 전술한 바와 같이 다수개의 채널들을 대상으로 PF 방식을 사용하여 스케줄링 동작을 수행하며, 아울러 1개의 MS가 1개의 채널만을 할당받도록 스케줄링 동작을 수행한다.

그러면, 상기 병렬 패킷 스케줄러(313)가 상기 PF 방식을 사용하여 스케줄링 동작을 수행한다고 가정하였으므로, 상기 병렬 패킷 스케줄러(313)는 상기 제1MS(MS#1) 내지 제5MS(MS#5)로부터 피드백 받은 CQI들, 일예로 CINR들과 해당 제1MS(MS#1) 내지 제5MS(MS#5) 각각에게 송신된 평균 데이터 양을 고려하여 각 채널별로 MS들의 우선순위를 결정한다. 여기서, 상기 병렬 패킷 스케줄러(313)는 앞서 가정한 바와 같이 각 채널별로 MS들의 우선순위를 결정함에 있어서 1개의 MS가 1개의 채널만을 할당받도록 한다.

그러면, 상기 병렬 패킷 스케줄러(313)가 사용하는 상기 PF 방식을 기반으로 하여 1개의 MS가 1개의 채널만을 할당받도록 하는 스케줄링 알고리즘에 대해 설명하면 다음과 같다.

먼저, 제1MS(MS#1) 내지 제5MS(MS#5)는 자신이 사용 가능한 다수개의 채널들 중에서 상기 CQI에 상응하여 우수한 채널 상태를 가지는 임의의 개수의 채널들, 일예로 2개의 채널들을 담당하는 스케줄러, 예컨대 제1스케줄러(Scheduler#1) 내지 제5스케줄러(Scheduler#5)로 채널 할당을 요청한다(410). 즉, 상기 병렬 패킷 스케줄러(313)는 MS들의 CQI에 상응하여 우수한 채널 상태를 가지는 채널들을 각 MS들에게 할당한다.

그런 다음, 병렬 패킷 스케줄러(313)는, 전술한 바와 같이 해당 스케줄링 시점, 즉 해당 TTI에서 각 채널, 즉 제1채널 내지

제5채널에 대해 각 MS, 즉 제1MS(MS#1) 내지 제5MS(MS#5)에 대한 우선순위 함수 $P_{i,j}[n]$ 을 계산하고, 상기 해당 TTI에서 제1채널 내지 제5채널에 대해 그 우선순위 함수 $P_{i,j}[n]$ 값이 최대인 MS에게 해당 채널을 예비 할당한다.

다. 여기서, 상기 우선순위 함수 $P_{i,j}[n]$ 를 계산한 결과, 상기 제1MS(MS#1) 내지 제5MS(MS#5)는 각 채널별로 하기 표1과 같은 우선순위 함수 값을 갖는다고 가정한다.

【표 1】

	제 1MS(MS#1)	제2MS(MS#2)	제3MS(MS#3)	제4MS(MS#4)	제5MS(MS#5)
제 1채널	10	3	2	6	5
제2채널	3	2	7	3	2
제3채널	8	8	5	2	3
제4채널	2	2	2	2	2
제5채널	2	5	3	6	5

상기 병렬 패킷 스케줄러(313)는 할당이 확정되지 않은 채널들 중에서 최대 우선순위 함수 $P_{i,j}[n]$ 값을 갖는 채널과 MS를, 즉 제1채널과 제1MS(MS#1)를 결정하며, 그런 다음 채널 할당이 결정된 상기 제1채널을 제외한 할당이 확정되지 않은 채널들 중에서 상기 최대 우선순위 함수 $P_{i,j}[n]$ 값을 갖는 채널과 MS를, 즉 제3채널과 제2MS(MS#2)를 결정한다. 이러한 방식으로 할당이 확정되지 않은 채널들 중에서 최대 우선순위 함수 $P_{i,j}[n]$ 값을 갖는 채널과 MS를 결정하면, 상기 병렬 패킷 스케줄러(313)는 채널 할당 허가 메시지(grant message)를 상기 제1MS(MS#1) 내지 제5MS(MS#5)로 전송한다(420).

그러면, 상기 제1MS(MS#1) 내지 제5MS(MS#5)는 상기 제1채널 내지 제5채널을 담당하는 제1스케줄러(Scheduler#1) 내지 제5스케줄러(Scheduler#5)로부터 채널을 할당받는다(430). 이때, 상기 제1MS(MS#1) 내지 제5MS(MS#5)들 중에서 채널을 할당 받지 못한 제5MS(MS#5)와 할당이 결정되지 않은 제4채널은, 다음의 타임 슬롯 또는 심벌에서 상기 PF 방식에 의해, 즉 전송한 최대 우선순위 함수 $P_{i,j}[n]$ 값을 갖는 MS와 채널을 결정하는 방식을 수행하거나, 또는 한 타임 슬롯 또는 심벌의 모든 채널이 할당 받을 때까지, 즉 상기 410과정으로 다시 돌아가 현재의 타임 슬롯 또는 심벌의 모든 채널이 할당 받을 때까지 수행한다.

도 5a는 본 발명의 실시예에 따른 BWA 통신 시스템에서 채널별 사용자들의 채널 이득을 도시한 도면이고, 도 5b는 상기 도 5a를 행렬로 도시한 도면이다. 여기서, 상기 도 5a 및 도 5b는 세명의 사용자들(user i, user j, user k), 즉 3개의 수신기들에게 채널을 할당하는 시점에서 상기 수신기들의 채널 이득을 그래프와 행렬로 나타낸 것이다. 또한, 상기 도 5b의 행은 사용자들(user i, user j, user k)을 의미하고, 열은 채널 번호(channel#)를 의미한다.

상기 도 5a 및 도 5b를 참조하면, 상기 통신 시스템은, 각 채널에 따라 사용자들(user i, user j, user k)수신기들이 얻는 채널 이득은 각각 상이하며, 또한 각 사용자별로 채널 이득에 상응하여 채널의 우선순위가 결정된다. 만약, 각 사용자마다 우선순위 채널의 개수를 3개로 제한하면, user i는 채널1과 채널2, 채널4에서 우선순위를 갖고, user j는 채널3, 채널4, 채널5에서 우선순위를 가지며, user k는 채널0, 채널1, 채널5에서 우선순위를 갖는다.

도 6a는 본 발명의 실시예에 따른 BWA 통신 시스템에서 사용자들의 채널 할당을 도시한 도면이고, 도 6b는 상기 도 6a를 행렬로 도시한 도면이다. 여기서, 상기 도 6a 및 도 6b는 전송한 상기 도 5a 및 도 5b와 같이 각 사용자들이 채널 이득을 가질 경우의 PF 방식에 의한 채널 할당을 그래프와 행렬로 나타낸 것이다.

상기 도 6a 및 도 6b를 참조하면, 상기 통신 시스템은, 사용자들(user i, user j, user k)의 채널 이득이 채널별로 각각 상이하므로 PF에 의해 채널별 사용자들의 우선순위가 결정된다. 먼저, 각 사용자마다 우선순위 채널의 개수를 제한하지 않으면(610), user j는 의해 채널2, 채널3, 채널4, 채널5를 할당받고(613), user k는 채널0, 채널1을 할당받으며(611), user i는 채널을 할당받지 못한다. 반면, 각 사용자마다 우선순위 개수를 3개로 제한하면(620), user i는 채널2를 할당받고(623), user j는 채널3, 채널4, 채널5를 할당받으며(625), user k는 채널0, 채널1을 할당받는다(621). 이렇게 통신 시스템은, 각 사용자들에게 우선순위 채널을 예비로 할당한 후, 상기 예비 할당한 채널들 중에서 우선순위가 최대인 채널을 해당 사용자에게 할당하고, 그런 다음 나머지 채널들 중에서 우선순위가 최대인 채널을 상기 채널을 이미 할당한 사용자를 제외한 나머지 사용자들 중에서 해당 사용자에게 할당한다. 그에 따라, 상기 통신 시스템은, 전송한 바와 같이 각 사용자들에게 예비 할당을 한 후, 우선 user j에게 채널4를 할당하고, user k에게 채널1을 할당하며 user i에게 채널2를 할당한다.

한편, 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

발명의 효과

상술한 바와 같은 본 발명은, 통신 시스템에서 다수개의 채널들을 사용할 경우의 스케줄링 방안을 제안함으로써 단일 채널 뿐만 아니라 다수개의 채널들을 사용할 경우의 스케줄링을 가능하게 한다는 이점을 가진다. 또한, 본 발명은 통신 시스템에서 다수개의 채널들을 MS들의 CQI와 시간에 상응하여 변화하는 채널들의 CQI에 상응하여 스케줄링 방안을 제안을 제안함으로써 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 일반적인 BWA 통신 시스템에서 기지국의 스케줄링 장치의 구조를 개략적으로 도시한 도면.

도 2는 도 1의 스케줄링 장치의 스케줄링 동작에 따른 서브 채널별 송신 가능한 데이터 양을 개략적으로 도시한 도면.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 BWA 통신 시스템에서 기지국의 패킷 스케줄링 장치의 구조를 개략적으로 도시한 도면.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 BWA 통신 시스템에서 상기 도 3의 병렬 패킷 스케줄러의 동작을 개략적으로 도시한 도면.

도 5a는 본 발명의 실시예에 따른 BWA 통신 시스템에서 채널별 사용자들의 채널 이득을 도시한 도면.

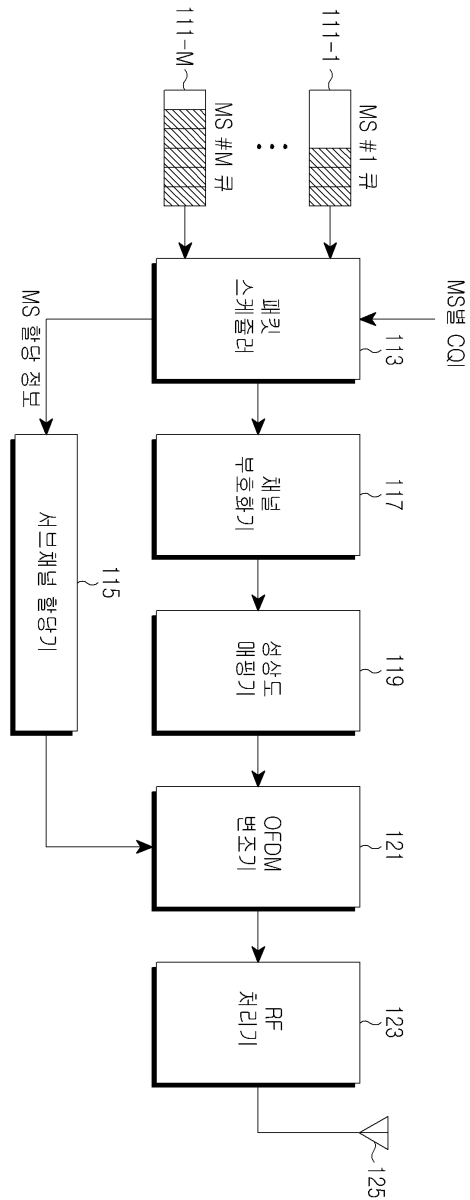
도 5b는 본 발명의 실시예에 따른 BWA 통신 시스템에서 상기 도 5a를 행렬로 도시한 도면.

도 6a는 본 발명의 실시예에 따른 BWA 통신 시스템에서 사용자들의 채널 할당을 도시한 도면.

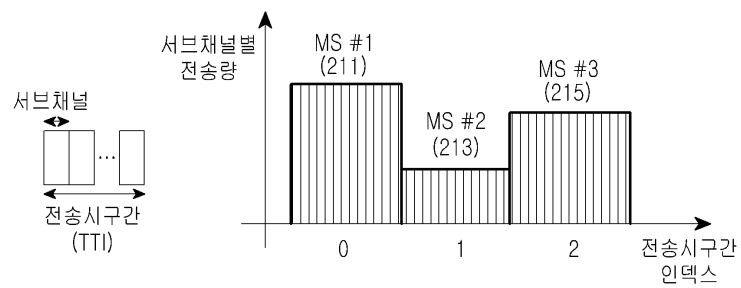
도 6b는 본 발명의 실시예에 따른 BWA 통신 시스템에서 상기 도 6a를 행렬로 도시한 도면.

도면

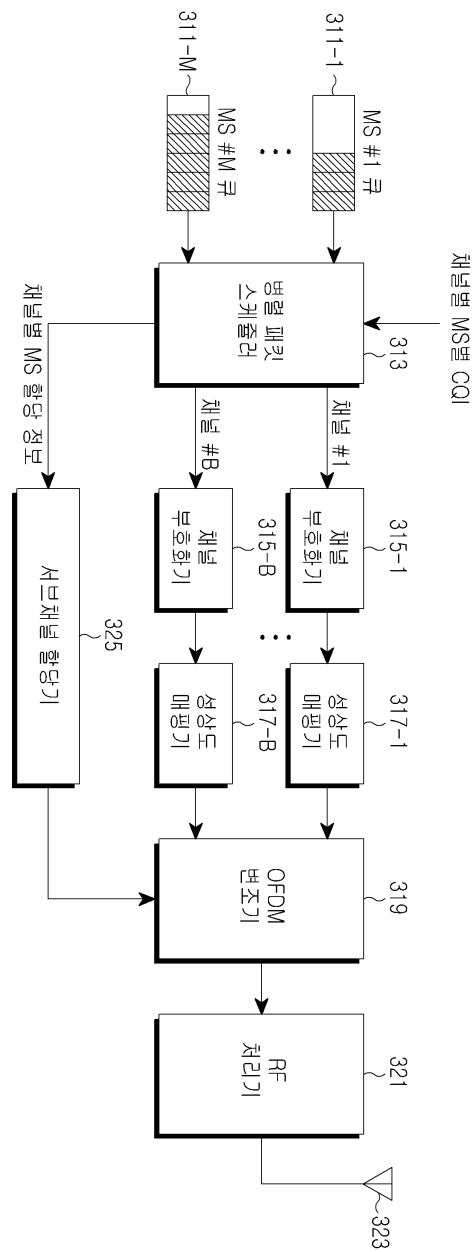
도면1



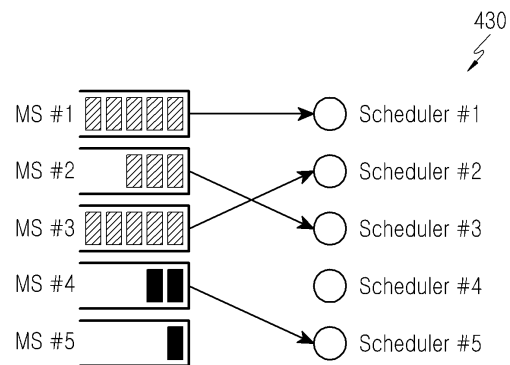
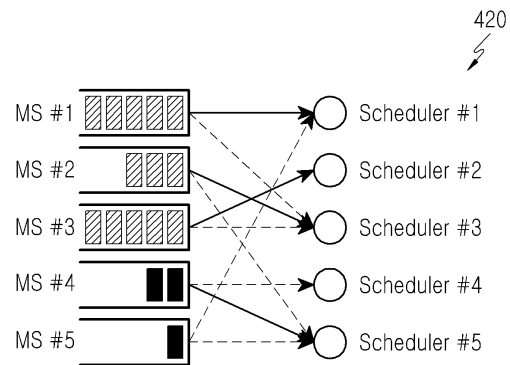
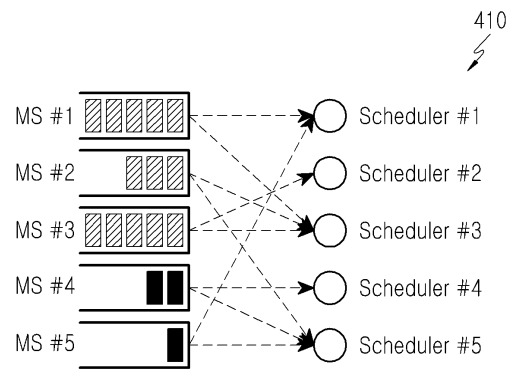
도면2



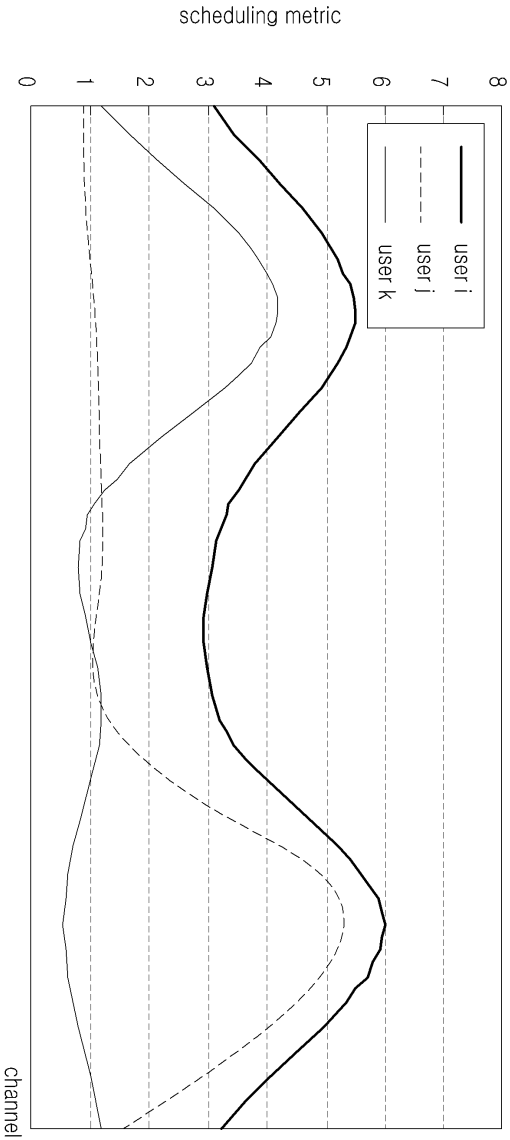
도면3



도면4



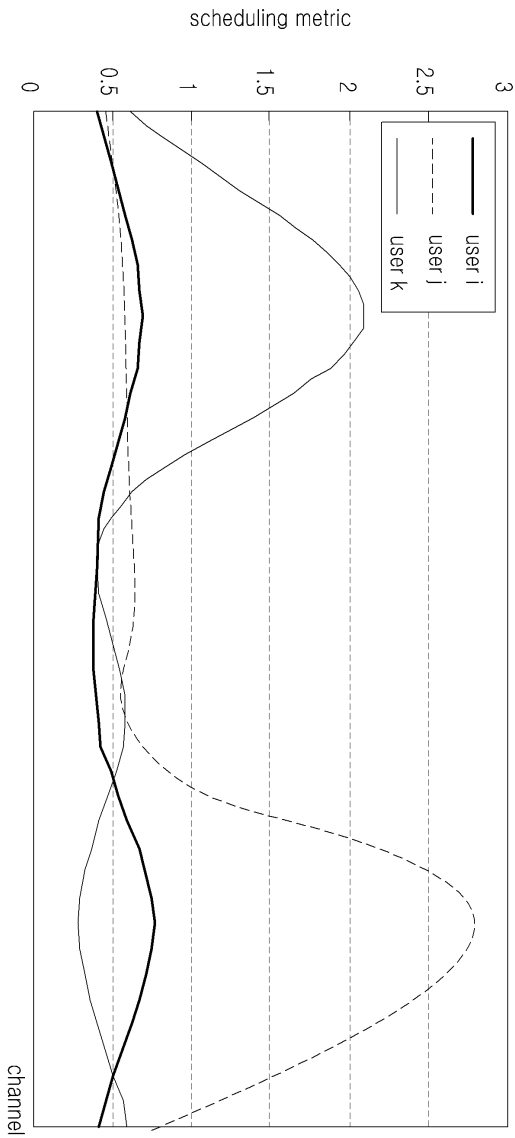
도면5a



도면5b

channel#	0	1	2	3	4	5	↗510
user i	3.1	5.5	3.28	3.18	6	3.22	
user j	0.88	1.17	1.23	1.31	5.21	1.55	
user k	1.21	4.17	0.97	1.18	0.54	1.19	
channel#	0	1	2	3	4	5	↘520
user i	3.1	5.5	3.28	3.18	6	3.22	
user j	0.88	1.17	1.23	1.31	5.21	1.55	
user k	1.21	4.17	0.97	1.18	0.54	1.19	

도면6a



도면6b

