

국제 표준 LTE-Advanced에서 논의되고 있는 Heterogeneous Network 관련 Interference Management 기술

양정렬 | 진미성 | 김동인
성균관대학교

요 약

3GPP(3rd Generation Partnership Project)는 3세대 이동통신인 UMTS(Universal Mobile Telecommunication System)의 초기 표준화 이후 HSPA(High Speed Packet Access), MBMS(Multimedia Broadcast Multicast Service) 등의 기술 개발로 UMTS시스템을 지속적으로 발전시켜 왔다. 그리고, 최근 새로운 무선 접속 기술을 기반한 LTE(Long Term Evolution)시스템에 대한 표준화를 완료하고 ITU-T(International Telecommunications Union-Radio)의 IMT-Advanced 요구사항을 만족하는 LTE-Advanced 시스템에 대한 연구를 진행하고 있다. 한편 LTE-Advanced 표준의 목표인 무선 전송속도를 한층 더 높이고, 단위비용(cost per bit)을 더욱 낮추고, 셀 커버리지 및 용량을 확대하기 위한 저출력의 피코셀, 펌토셀, 무선중계기들을 이용하여 실내외의 소규모 영역을 서비스하도록 하는 heterogeneous network에 대한 국제 표준이 활발히 논의되고 있다. 그러나 여러 셀이 혼재하는 경우 셀들간의 신호 간섭이 발생하여 사용자의 통신 품질이 크게 저하될 우려가 있다. 본 고에서는 heterogeneous network와 관련하여 국제 표준 LTE-Advanced에서 논의되고 있는 간섭 제어 기법에 대해 소개한다.

1. 서 론

LTE-Advanced는 3GPP 진영에서 추진중인 LTE(3.9 세대)를 'advanced' 시키는 4세대 이동통신 기술이며, 최대 100MHz 대역에서 하향링크 1Gbps, 상향링크 500Mbps의 데이터 전송속도를 지원하는 글로벌-컨버전스형의 무선통신 기술이다. LTE-Advanced 표준은 2007년 7월 물리계층 논의로 시작하여 초기 상용화는 2012년을 목표로 하고 있다.

LTE-Advanced 표준의 목표는 기존 LTE보다 무선 전송속도를 한층 더 높이고, 단위비용을 더욱 낮추고, 셀 커버리지 및 용량 확대를 비롯한 근거리 접속 기술을 강화하는 한편, 상향링크 접속 방식, 셀 경계에서의 간섭 제어 및 MBMS(Multimedia Broadcast Multicast Service) 제어 기술 등 기존 LTE Rel.8의 성능을 개선하는 것이다.

특히, 매크로 기지국만 존재하는 homogeneous network 상에서 취약했던 옥내 단말의 무선 통신의 용량을 증진시키므로써 전체 셀 용량을 증대를 시키기 위해 3GPP에서는 heterogeneous network를 study item으로 정하여 기술 논의를 하고 있다. heterogeneous network는 여러 종류의 셀들이 혼재되어 운영되는 네트워크이다. 증가하는 데이터 서비스에 대한 요구를 종래 매크로셀 혹은 마이크로셀의 셀 분할 기술만으로는 충족시키기가 어렵고, 저출력의 피코셀, 펌토셀, 무선중계기들을 이용하여 실내외의 소규모 영역을 서비스하도록 HetNet을 구성하면 저비용으로 용량 증대가 가능하다. 소형 셀들의 용도가 한정된 것은 아니나, 보통 피코셀은 데이터 서비스 요구가 많은 hotzone에, 펌토셀은 실내 사무실이나 가정에, 무선중계기는 매크로셀의 커버리지를 보완하는 용도로 운영할 수 있다. 또한, 소형 셀들은 접속 제한에 따라 특정 사용자만 사용할 수 있는 페

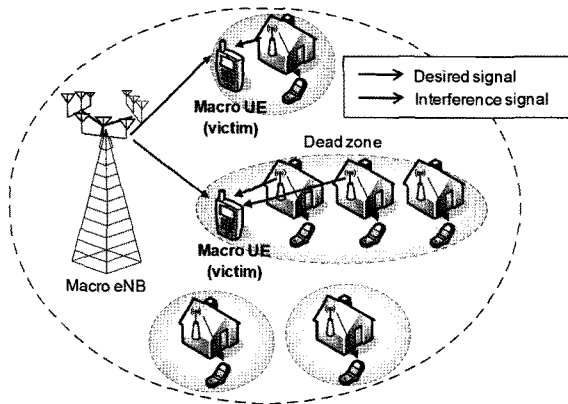
쇄형(CSG:closed subscriber group)과 일반 사용자에게 접속을 허용하는 개방형(open access), 그리고 이 두 방식을 혼합하여 사용하는 하이브리드형(hybrid access)으로 구분할 수 있다.

그러나 이런 저출력의 피코셀, 펌토셀, 무선중계기들을 이용하여 실내외의 소규모 영역을 서비스하도록 heterogeneous network를 구성하게 되면 하나의 셀로 구성되던 셀룰러 환경이 다양한 셀이 혼용되어 매크로셀과 소형셀간 간섭(cross-tier interference) 문제가 발생하게 된다. (그림 1)에서 보는 바와 같이 하향링크(down link) 시 가장 문제시 되는 간섭 문제는 폐쇄형으로 운영되는 소형셀의 커버리지에 매크로셀 단말이 접근할 때이다. 이때 매크로 단말(victim Macro UE)은 소형 기지국으로부터 심각한 간섭 신호를 받

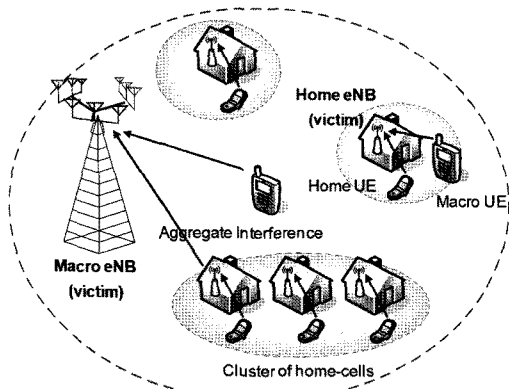
게 되며 심한 경우 단말이 꺼지는(outage) 현상이 발생한다. 상향링크(uplink) 시에도 매크로 단말은 근접해 있는 소형기 지국(victim Home eNB) 으로부터 심각한 간섭 신호를 받게 되어 통신 품질을 저하시키는 요인이 된다. 또한, 복합 쇼핑 몰이나 아파트 단지과 같이 소형기지국이 밀집해 있는 지역(cluster)의 경우 각각의 소형 셀로부터 오는 통합간섭(aggregate interference) 문제로 인하여 매크로셀의 성능 열화가 야기된다. 즉, HetNet상에서 발생하는 이런 다양한 간섭은 특정 지역에서 단말의 통신에 심각한 장애를 일으키는 원인이 된다. 따라서 이러한 간섭을 통제 및 제거할 수 있는 기법이 필요하며, 현재 이러한 간섭문제는 3GPP의 표준기 고에서 여러 기고문에서 언급되고 있으며 자세한 제어 기법은 일부 논문에서 다루어지고 있다.

표준에서 논의되고 있는 간섭제어 기술은 크게 3가지로 분류할 수 있다. 각 기지국과 단말의 전력을 제어하여 간섭을 완화시키는 전력제어 기법과 주파수대역의 사용을 스케줄링하여 간섭을 예방하는 자원분할 기법이 있다. 그 외에 주파대역을 스케줄링함과 동시에 전력을 제어하는 hybrid 방식으로 분류할 수 있다.

본 고에서는 heterogeneous network 과 관련하여 국제 표준 LTE-Advanced에서 논의되고 있는 간섭 제어 기법에 대해 소개한다.



(a)하향링크(Downlink) 시 간섭문제



(b)상향링크(Uplink) 시 간섭문제

(그림 1) HetNet 환경에서의 간섭문제

II. 국제 표준에서 논의 되는 HetNet에서의 간섭 제어 기법

1. 전력 제어

여러 표준 기고 논의에서 Macro eNB(MeNB)와 Macro user equipment(MUE) (즉, Macro 시스템)은 heterogeneous network에서 우선순위의 시스템이기 때문에, 전력제어 기법은 일반적으로 간섭을 줄이기 위한 Home eNB(HeNB) 전송 전력을 줄이는데 초점이 맞춰져 있다. 많은 기술들은 매크로 시스템의 성능을 향상시키기 위해 저전력 노드(femtocell eNB, femtocell UE, picocell eNB, picocell UE 등)의 전송 전력을 줄인다. 이 섹션에서는, LTE advanced 시스템 표준을 위한 3GPP 표준화 회의에서 제안된 다양한 전력

제어 기법에 대해 소개할 것이다.

[1]에서는 cooperative silencing 기법을 제안한다. MUE가 HeNB의 범위 가까이 위치함으로써 HeNB 전송전력으로부터 간섭을 받는다면, 간섭을 받는 UE가 가까이 위치한 HeNB로부터 이중 셀간 간섭을 줄이기 위하여 간섭을 주는 HeNB의 전송 전력을 끄는 기법이다. 이 기법은 CSG HeNB의 경우, HeNB의 셀 범위에서 HeNB가 자체 하향링크 신호를 전송하고 동시에 MeNB도 MUE에 하향링크 신호를 전송할 때, MUE의 하향링크 상황에서 간섭을 줄이는 가장 효과적인 방법으로 여겨진다.

[2]에서는 두 가지 종류의 전력 할당 기법을 소개한다. 첫 번째 방법은 HeNB의 전송전력을 고정하는 기법이다. 즉, HeNB는 어떠한 주변의 정보도 고려하지 않고 전송 전력의 세기를 고정시킨다. MUE가 MeNB의 중심에 가까이 위치한 HeNB에 근접해 있다면, HeNB로부터의 간섭은 MUE에게 크게 작용하지 않는다. 반면에, MUE가 MeNB 셀 가장자리에 위치한 HeNB에 근접해 있다면, HeNB로부터의 간섭은 MUE에 큰 영향을 끼치게 된다. 다시 말해, 이 방법은 HeNB가 주변의 정보를 측정하여 조정 가능하게 HeNB의 전력을 할당하는 기법이다. MeNB로부터 받는 간섭을 측정하여 이를 근거로 전력을 할당하는 이 기법에서 HeNB는 MeNB와 HeNB 사이의 경로 손실(path loss)을 고려하여 자신의 전송 전력을 적용시킬 수 있다. 그러나 이 기법에서는 외벽/내벽의 관통 손실을 고려하지 않았다. 즉, 실제 상황에서는 HeNB가 MeNB로부터 약한 신호를 받는다면 HeNB는 벽에 의한 관통 손실 또는 긴 거리로 인한 경로 손실로 인해 MeNB의 약한 신호를 구별할 수 있게 된다. 따라서 [2]에서는 관통 손실을 고려한 조정 가능한 HeNB 전력 할당 기법이 control channel을 위한 간섭 완화 기법으로 고려하기를 제안한다.

[3]에서는 하향링크 채널을 위한 두 가지 종류의 HeNB 전력 할당 기법을 제안한다. 첫 번째 기법은 proactive 기법이다. Proactive 기법에서는 매크로셀 시스템에 불능지역이 생기는 것을 막기 위해 HeNB가 전송을 시작하기 전에 HeNB의 전송 전력을 조정한다. HeNB는 같은 채널을 사용하는 매크로셀로부터 측정치를 기본으로 하여 자신의 최대 전송 전력을 초기화한다. 두 번째 기법은 reactive 기법이다. Reactive 기법은 터미널로부터 측정하는 것에 의존하는 것

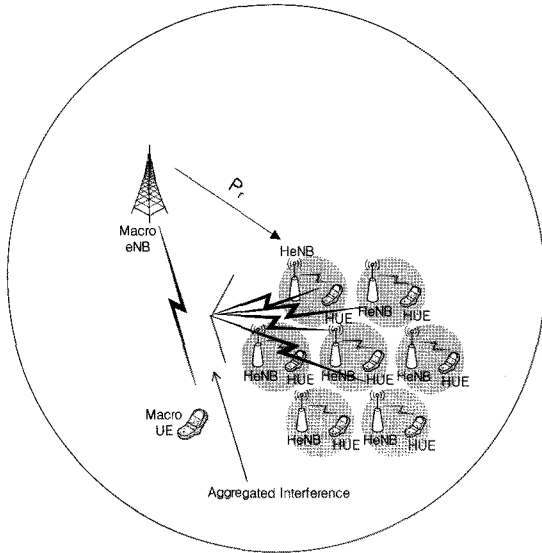
과는 다른 방식으로 간섭 문제가 HeNB 전송전력에서 발견됐을 때, 첫째로 HeNB의 전력이 조정된다. Reactive 기법은 closed loop 조절 기법으로써 기술 될 수 있다.

[4]는 hybrid power setting 기법을 제안한다. 이 기법은 open-loop power setting(OLPS) 기법과 closed-loop power setting(CLPS) 기법으로 이루어져 있다. OLPS 기법에서, HeNB는 자신의 전송전력을 측정 결과를 통해 조절하거나 미리 정한 시스템 파라미터에 기반해서 조절한다. 반면에 CLPS 기법에서 HeNB는 우선적으로 자신의 전송전력을 MeNB와 동등하게 정한다. 따라서 [4]에서는 hybrid power setting 기법을 다시 제안한다. 이는 동작 환경에 따라 CLPS 기법 또는 OLPS 기법을 변경하며 사용하는 기법이다.

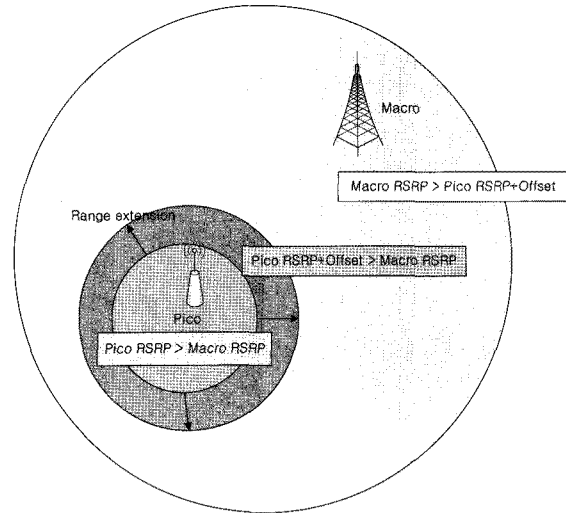
[5]에서의 시스템 모델은 다른 기고와는 다르다. 몇몇 HeNB들이 서로 가까운 거리에 위치하고 있다면, 이들은 cluster를 만들 수 있다고 가정한다. 실제로 많은 HeNB들은 밀집하여 위치한다(예를 들면, 쇼핑센터, 아파트 단지 등), 그리고 이 HeNB와 통신중인 HUE의 전송 전력은 매크로셀에 통합 간섭으로써 영향을 끼친다. 이 기고에서는 클러스터 별로 기회적인 전력제어 기법을 제안한다. 이 기법은 두 가지 센싱 알고리즘이 있다. 첫 번째 알고리즘은(그림 2-a)에 나타난 self-configuration(centralized sensing) 알고리즘이다. 중앙 센싱 알고리즘에 의해서, MeNB는 실제 동작중인 소형셀의 개수를 알 수 있다. 그리고 MeNB는 소형셀에 간섭 한계점을 계산하여 할당(broadcasting)하고 각 소형셀은 통신중인 HUE의 전력을 제어한다. 두 번째 알고리즘은(그림 2-b)에 도시된 self optimization(distributed sensing) 알고리즘이다. 지역적 센싱 알고리즘에서는, 일부 소형셀들은 제한 거리(cut-off distance)내에 존재하는 또 다른 소형셀의 존재를 인식하여 더 작은 규모로 새로운 클러스터를 구성한다. 각각의 소형셀은 같은 클러스터내에 존재하는 다른 소형셀들의 동작 여부를 감지하고 전력을 분배함으로써 간섭을 제어한다. 이런 센싱기법을 이용함으로써 각 소형셀은 기회적인 전력제어가 가능하여 전체 셀 용량을 증가시킬 수 있다.

Range extension 기법은 개방형 접속 방식을 사용하는 피코셀에서 가장 대표적인 간섭 완화 기법이다.

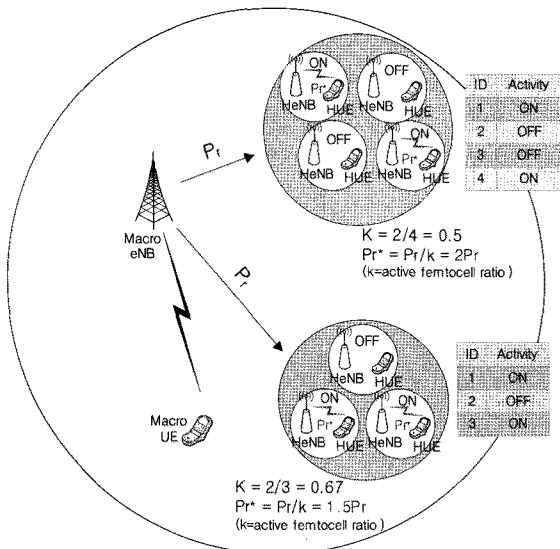
[6], [7]에서는 피코셀과 같은 저전력 노드가 매크로셀과 같은 고전력 노드 커버리지 안에 배치되었을 때 저전력 노드는 필요에 따라 자신의 범위를 확장시키기 위해서 자신의



(그림 2-a) Centralized sensing 기법



(그림 3) 피코 노드 range extension 기법에 대한 간단한 표현



(그림 2-b) Distributed sensing 기법

전력을 증가시킨다. 셀 협력에 기반한 range expansion을 이용할 경우, 많은 매크로셀 사용자가 저전력 노드에 접속할 수 있게 된다. 따라서 매크로 네트워크의 트래픽이 줄어들 수 있다. 즉, range extension 기법은 셀 가장자리 사용자의 처리량을 증가시킬 수 있다. 왜냐하면 매크로 기지국과 피코 기지국간에 작업량을 균형있게 만들 수 있기 때문이다.

[8],[9]에서는 매우 낮은 SINR(Signal to Interference-plus-Noise Ratio)을 위해 새로운 control 채널이 필요하면, range extension을 한 피코셀은 Rel-8/9 사용자를 더 이상 지원할 수 없다. Range extension에 따른 낮은 SINR 문제는 다른 방법으로 해결되어질 수 있다. 첫째로, 매크로셀에서 낮은 바이어스일 때 줄어든 전력을 전송한다. 둘째로, 셀 가장자리 사용자에게 대한 서브프레임 제어 영역에서 8 CCE(Communication Control Element)의 반복을 사용한다. 셋째로, 매크로셀 사용자의 최대 숫자를 서브프레임마다 제한 하는 것이 스케줄된다. 넷째로, RB 단위로 심볼/ 서브 프레임의 이동, 선택적 스케줄링, 전력 감쇄가 적용된다. 마지막으로 더 많은 피코셀의 더하는 방법이 있을 수 있다. [8],[9]에서는 위와 같은 다섯가지 방법으로 range extension에서 낮은 SINR로 인한 문제를 해결하고자 제안한다.

[10]은 hotzone first(HF)라는 기존의 range extension과는 다른 피코 노드의 range extension 기법을 제안한다. HF의 기본적 원리는 매크로셀 + 피코셀 시나리오의 경우이다. 측정된 하향링크 SINR이 기준치보다 더 클 경우 사용자는 피코 노드에 접속한다. 기준을 만족하는 여러 피코 노드가 있다면 가장 높은 RSRP(reference signal received power)를 갖는 피코셀에 접속하고 그렇지 않으면 매크로셀과 피코셀 중 RSRP가 가장 높은 노드에 접속한다.

[11]에서는 셀 선택에 대한 세 가지 기법을 제안한다. 첫 번

째로, 기법 A는 Rel 8-RSRP 선택 기법이다. 각각의 사용자는 평균 수신 신호 레퍼런스 전력이 최대화되는 셀을 선택하여 연결을 한다. 두 번째로, 기법 B는 최소의 경로손실을 선택하는 기법이다. 각각의 사용자는 최소의 경로 손실을 갖는 셀을 선택한다. 마지막으로 기법 C는 바이어스된 RSRP를 선택하는 기법이다. 기법 C는 hotzone 셀로부터 RSRP에 셀 선택 바이어스를 추가하여 hotzone을 선택하는 것을 선호하도록 한다. 그리고 기법 B와 C는 range extension에 기반한 셀 선택 기법이다.

2. 자원 분할

자원 분할 기법은 매크로셀과 펌토셀이 함께 배치되어 있을 때 밴드를 각각에 할당하는 기법이다 [12]. 이는 주파수 또는 시간 영역 또는 그들의 조합으로 할 수 있다. 이러한 자원 분할 기법은 static, semi-static 또는 adaptive 자원 분할로 구분 될 수 있다.

Static/semi-static 주파수 자원 분할 기법에서, 매크로셀 기지국은 네트워크 구성 정보 또는 신호 상호 작용에서 저전력 노드의 주파수 자원 정보를 알 수 있다 [13].

[14]는 정적인 기법으로 주파수를 분할하는 방식을 제안한다. 이 정적인 기법에서, 펌토셀과 매크로셀의 채널은 주파

수적으로 직교한다, 따라서 각각의 셀 사용자는 간섭을 피할 수 있다. 그러나 이 고정된 분할 기법은 자원을 비효율적으로 사용하기 때문에 성능을 떨어지고 처리량에 손실을 가져올 것이다. 그러므로 이 기법은 최적화된 방안이 아니다.

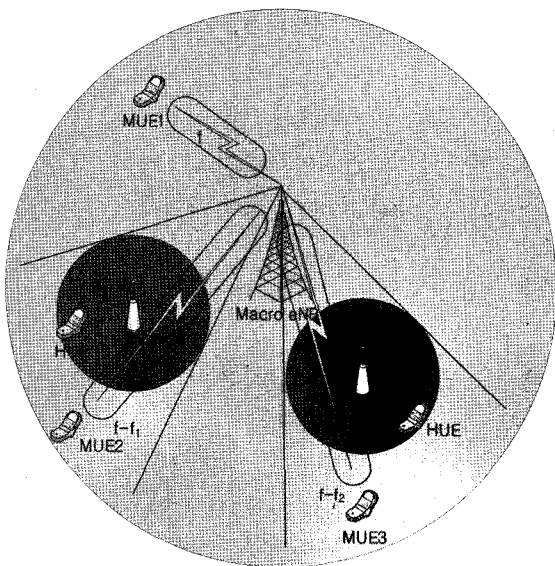
정적인 기법에서 주파수 자원의 낭비를 피하기 위해서 간섭 문제를 피하는 것에 대한 다른 옵션은 multiple carrier를 사용하는 것과 펌토셀 기지국들로부터의 간섭을 없앤 하나의 carrier를 보유하는 것이다 [15]. 이러한 다른 기지국들로부터 간섭을 없앤 하나의 carrier를 escape carrier라 한다. 다른 carrier들은 주파수 자원 활용도를 최대화 하기 위해 매크로셀 기지국과 펌토셀 기지국의 co-channel 분포에 사용되어 질 수 있다. 이 기법에서 escape carrier는 고정될 수도 있고 또는 펌토셀 기지국에서 동적 carrier 선택하여 펌토셀 사용자의 성능 향상을 위해 사용될 수도 있다.

이와 유사한 기법으로 [12]에서 overlap 주파수 분할이 사용된다. 그것은 간섭 완화를 위해 multi-carrier를 사용하지는 않지만 overlay와 매크로의 주파수 할당을 적용한다. 이 경우에 매크로 기지국은 주파수 대역의 일부를 할당하지만 펌토셀 기지국은 전체 주파수 대역을 사용할 수 있다. 따라서 펌토셀 사용자는 매크로셀로부터의 간섭 제거에 기여하는 보호 밴드를 갖는다.

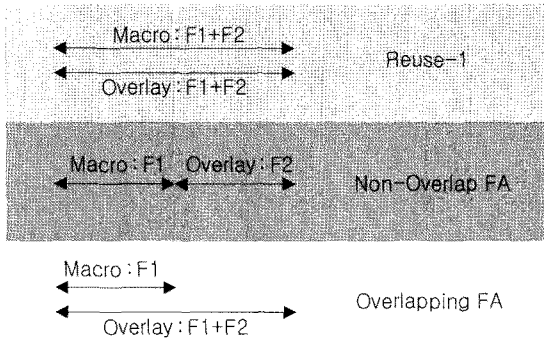
앞선 두가지 기법(escape carrier와 protected band)는 유연한 자원을 갖는다. 따라서 이 기법들은 정적인 방식보다 더욱 큰 처리량을 가질 수 있지만 더욱 많은 신호의 오버헤드와 지연을 야기 할 수 있다.

펌토셀과 매크로셀이 같은 주파수 대역 스펙트럼을 공유할 때 [12]에서는 주파수 재사용 기법으로 주파수 할당 기법을 제안한다. 그 방법으로는 주파수 선택적 스케줄링(FSS:Frequency selective scheduling) 기법과 beamforming 기법이 있다. FSS는 주파수 선택 페이딩을 활용하여 간섭을 완화하는데 효과적인 기법이다. 특히 낮은 이동성 채널과 beamforming에도 간섭을 주는 셀들의 공간적 선택성을 활용하여 간섭을 활용하는데 효과적인 수단이다. 그러나 FSS와 beamforming은 채널 정보를 필요로 한다. 따라서 이 방법 역시 신호 오버헤드와 지연을 발생시킬 수 있다.

[16]은 시간과 주파수 영역 모두의 자원 분할을 제안한다. 이 기법은 본 고에서 살펴본 자원 분할 기법 중에 가장 역동적인 분할 기법이다. 매크로셀과 소형셀 사이에 간섭이 있



(그림 4) 공간적 주파수 도메인 스케줄링을 통한 간섭 완화 기법



(그림 5) 세가지 주파수 분할 기법

다면 매크로셀과 소형셀은 시간과 주파수 도메인을 분할하여 채널을 공유한다. 그리고 그것은 요청한 서브밴드에 간섭을 주는 인접한 소형셀 기지국에 일시적인 silencing 요청으로 간섭을 제어한다.

3. Hybrid 방식

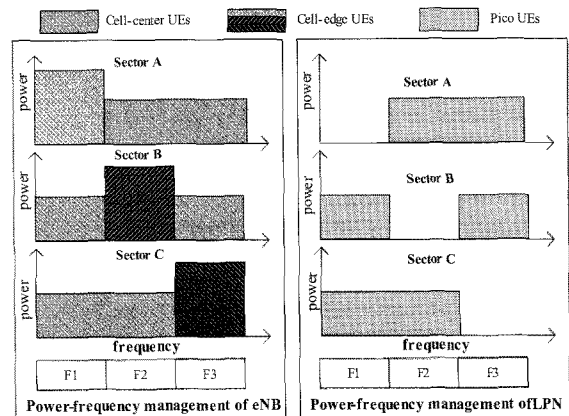
Hybrid 방식은 전력 제어와 자원 분할을 함께 사용하는 방식이다. 전력 제어에서는 몇 가지 장단점이 있다. 장점으로 매크로 기지국과 펌토 기지국에서 모두 데이터 채널 뿐만 아니라 control 채널을 위한 간섭 조정으로 인해 모든 주파수 대역을 사용할 수 있다. 또한 Rel. 8 사용자와 Rel. 10 사용자들 모두 power setting 기법을 적용할 수 있기 때문에 이전 버전과의 호환성을 유지할 수 있다. 그리고 매크로 셀과 펌토 셀 사이에 신호 교환이 필요하지 않다. 반면에 단점으로는 HeNB 측정치의 결과가 사용될 때 power setting을 위한 HeNB 측정 기법은 아직 표준화가 필요하다. 그리고 완전히 효과적이지 않은 매크로셀 사용자의 경우에 HeNB에 매우 가까이 위치해있으면, HeNB 전력은 최소의 전력으로 설정이 된다.

자원 분할 기법 역시 몇 가지 장점과 단점이 있다. 장점으로 MeNB와 HeNB를 위한 자원이 겹치지 않기 때문에 control 채널 뿐만 아니라 데이터 채널에서 매크로셀과 펌토 셀 기지국 사이의 간섭이 완화될 수 있다. Rel. 8과 Rel. 10 사용자 모두 각각의 주파수 대역폭을 가질 수 있기 때문에 이전 버전과의 호환성은 유지된다. 그리고 주파수 선택은 주파수 carrier의 multi-layer 조건에 적용하기에 적합하다. 단

점으로는 매크로셀과 펌토셀에 할당하기 위해서 여러 주파수 carrier가 필요하다 [17]. 이러한 이유 때문에 전력 제어 기법과 자원 분할 기법이 함께 사용된 hybrid 방식이 여러 기고에서 제안되었다.

[18]에서 마이크로셀에 할당되는 자원은 공간적으로 재사용될 수 있다. 하나의 CSG 셀이 매크로셀 안에 위치해있고 두 개의 매크로셀 사용자와 하나의 CSG 사용자가 배치되었다면, CSG 셀 가까이 위치한 매크로셀 사용자는 component carrier 1(CC1)을 사용하고, CSG 사용자는 component carrier 2(CC2)를 사용하고 CSG셀과 멀리 떨어진 매크로셀 사용자는 CC1과 CC2를 모두 사용한다. 그런 다음 CSG셀에서 멀리 위치한 매크로 셀 사용자는 carrier의 PDCCH가 CSG 셀의 하향링크 신호와 간섭을 일으키는 것을 피하기 위해 CC2의 전송 전력을 줄인다. 이러한 공간적 자원 재사용은 겹쳐진 carrier에 따라 정해진다.

[19], [20]에서는 soft frequency reuse(SFR) 기법을 제안한다. SFR을 이용한 기법에서 인접한 셀의 가장자리에서의 밴드는 서로 직교한다. 때문에 대부분 셀 가장자리 사용자가 받는 낮은 간섭은 인접한 셀 중심 밴드에서의 낮은 전송 전력에서 비롯된다. 또한 저전력 노드에서 사용 가능한 스펙트럼 역시 지역의 매크로셀 가장자리에서의 밴드와 직교한다. 이는 감소된 전송 전력과 인접한 셀의 가장자리에서의 밴드와 함께 매크로셀 센터 밴드로부터 오는 저전력 노드 사용자에게 대한 낮은 간섭을 초래한다. SFR은 (그림 6)에 표현되어 있다.



(그림 6) SFR 기법의 스펙트럼 분포

이러한 이유로, [19], [20]는 SFR 기법이 SFR을 사용하지 않는 기법에 비교해서 효과적인 간섭 조정으로 인해 셀 가장 자리에서의 처리량과 평균 처리량 모두에서 중요한 성능 이득을 제공할 수 있다는 것을 발견할 수 있었다.

III. 결론

본 고에서는 3GPP의 LTE-Advanced에서 논의 되고 있는 heterogeneous network에서의 간섭을 제어하는 기법에 대해 알아보았다. 국제 표준 기고에서는 이중 망이 혼재하는 heterogeneous network에서 서로에 영향을 미치는 간섭을 제어하기 위해 크게 세 가지의 기법을 제안한다. 첫 번째 기법으로는 전력 제어를 통하여 간섭을 제어하는 기법이다. 매크로셀 사용자가 펌토셀 가까이에 갔을 경우 크게 간섭을 받게 되어 사용하는데 문제가 생기게 된다. 이를 해결하기 위하여 펌토셀의 경우 펌토셀의 전원을 끄거나 송신 전력을 줄이는 방식으로 매크로셀 사용자에게 미치는 간섭을 줄이게 된다. 피코셀에서는 피코셀의 셀 커버리지를 조절 함으로써 매크로셀의 오버헤드와 부담을 줄여줄 수 있다. 두 번째 기법은 자원 분할 기법이다. 같은 주파수를 사용하는 heterogeneous network에서 매크로셀과 펌토셀은 서로 영향을 줄 수 있다. 이를 해결하기 위하여 국제 표준 기고에서는 다양한 기법을 제시한다. 주로 주파수 자원을 재사용하거나 나누어 사용하는 방식을 이용하여 미치는 간섭을 줄일 수 있다. 마지막으로 전력 제어 기법과 자원 분할 기법을 함께 사용하는 hybrid 방식이 있다. 앞서 제시한 전력 제어 기법과 자원 분할 기법은 각각의 장단점이 있기 때문에 두 가지 기법을 결합함으로써 더욱 나은 성능 향상을 가져올 수 있다. 본 고에서 소개한 바와 같이 크게 세 가지 기법을 활용하여 heterogeneous network에서 간섭을 줄여 사용자의 성능을 향상시키는 연구가 활발히 수행되고 있다.

참 고 문 헌

- [1] 3GPP R1-102430, "Extending Rel-8/9 ICIC for heterogeneous networks," in 3GPP RAN1 Meeting, Beijing, China, April 2010.
- [2] 3GPP R1-103838, "Adjustable HeNB power setting in MeNB-HeNB deployment," in 3GPP RAN1 Meeting, Dresden, Germany, June 2010.
- [3] 3GPP R1-104463, "Autonomous Power Setting for HeNB Cells," in 3GPP RAN1 Meeting, Madrid, Spain, August 2010.
- [4] 3GPP R1-105238, "Further discussion on HeNB downlink power setting in HetNet," in 3GPP RAN1 Meeting, Xi'an, China, October 2010.
- [5] 3GPP R1-106052, "Per Cluster Based Opportunistic Power Control," in 3GPP RAN1 Meeting, Jacksonville, USA, November 2010.
- [6] 3GPP R1-101506, "Importance of serving cell association in HetNets," in 3GPP RAN1 Meeting, San Francisco, USA, February 2010.
- [7] 3GPP R1-105712, "Pico cell range expansion in Macro-Pico scenario," in 3GPP RAN1 Meeting, Xi'an, China, October 2010.
- [8] 3GPP R1-103181, "On Range Extension in Open-access Heterogeneous Networks," in 3GPP RAN1 Meeting, Montreal, Canada, May 2010.
- [9] 3GPP R1-104126, "FDM Range Extension in Open-access Heterogeneous Networks," in 3GPP RAN1 Meeting, Dresden, Germany, May 2010.
- [10] 3GPP R1-105552, "Discussion of Pico Node Range Extension Benefits," in 3GPP RAN1 Meeting, Xi'an, China, October 2010.
- [11] 3GPP R1-102111, "Outdoor Hotzone Cell Performance: A Cell Selection Analysis," in 3GPP RAN1 Meeting, Beijing, China, April 2010.
- [12] 3GPP R1-101123, "Performance of indoor HeNB(CSG) Deployment and Technical Aspects Observations," in

- 3GPP RAN1 Meeting, San Francisco, USA, February 2010.
- [13] 3GPP R1-103497, "DL Interference Mitigation via Direction Information in Het-Net," in 3GPP RAN1 Meeting, Dresden, Germany, June 2010.
- [14] 3GPP R1-103155, "Downlink ICIC in heterogeneous networks," in 3GPP RAN1 Meeting, Montreal, Canada, May 2010.
- [15] 3GPP R1-101924, "Macro+HeNB performance with escape carrier of dynamic carrier selection," in 3GPP RAN1 Meeting, Beijing, China, April 2010.
- [16] 3GPP R1-103685, "Performance evaluation of dynamic Home eNB ICIC function based on time domain silencing," in 3GPP RAN1 Meeting, Dresden, Germany, June 2010.
- [17] 3GPP R1-103836, "Comparison of control channel protection schemes in MeNB-HeNB deployment," in 3GPP RAN1 Meeting, Dresden, Germany, June 2010.
- [18] 3GPP R1-101369, "Considerations on interference coordination in heterogeneous networks," in 3GPP RAN1 Meeting, San Francisco, USA, February 2010.
- [19] 3GPP R1-101875, "HetNet R8/9 Data Channel Performance," in 3GPP RAN1 Meeting, Beijing, China, April 2010.
- [20] 3GPP R1-101391, "Interference Coordination for HetNet with One or Multiple Component Carriers," in 3GPP RAN1 Meeting, San Francisco, USA, February 2010.

약 력



양 정 렬

2010년 아주대학교 전자공학사
 2010년 ~ 현재 성균관대학교 휴대통신공학석사
 관심분야 : Heterogeneous Network, Femtocell, Interference Management



진 미 성

2010년 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학사
 2010년 ~ 현재 성균관대학교 휴대통신공학석사
 관심분야 : Heterogeneous Network, Femtocell, Interference Management



김 동 인

1980년 서울대학교 전자공학 학사
 1990년 University of Southern California 전자공학과 박사
 1991년 ~ 2002년 서울시립대학교 전자전기공학부 부교수
 2002년 ~ 2007년 School of Engineering Science, Simon Fraser University (SFU), Canada 정교수 (종신교수)
 2007년 ~ 현재 성균관대학교 정보통신공학부 정교수 (SKKU Fellow)
 2001년 ~ 현재 IEEE Transactions on Communications 편집위원
 2002년 ~ 현재 IEEE Transactions on Wireless Communications 부문편집장 (Area Editor)
 2008년 ~ 현재 Journal of Communications and Networks 공동편집장
 관심분야 : Cellular 4G/5G Systems, Cooperative Communications, Interference Management for HetNet, Cross-layer Design and Wireless Security