

소형셀 간섭제어 기술동향

The Technical Trends for Intercell Interference Control including Small Cells

좌혜경 (H.K. Jwa) 기지국 SW 연구실 책임연구원
 김승현 (S. H. Kim) 기지국 SW 연구실 연구원
 나지현 (J.H. Na) 기지국 SW 연구실 실장

* 본 연구는 미래부가 지원한 2016년 정보통신·방송(ICT) 연구개발사업의 연구결과로 수행되었음.

모바일 기기와 데이터 이용량의 폭발적인 증가에 따라 제한된 자원으로 좀 더 빠르고 많은 용량을 처리하기 위한 다양한 기술 중 단위 면적당 용량 증대가 가능한 소형 셀 기술이 3G/4G 이동통신 시스템뿐만 아니라 5G 이동통신에서도 더욱 밀집한 셀 구성과 셀 소형화 형태로 연구 중에 있다. 이에 따라 셀 간 간섭을 제어하는 기술에 대한 연구도 꾸준히 진행되고 있다. 본고에서는 셀 간 간섭제어 기술에 대한 표준화 동향과 5G 이동통신에서의 간섭제어 기술에 대한 동향 및 방향에 대해 소개하고자 한다.

2016
 Electronics and
 Telecommunications
 Trends

5G 기가통신 기반기술 특집

- I. 서론
- II. 5G 네트워크 진화
 과정에서의 간섭문제
- III. 3GPP 표준에서의
 간섭제어 기술
- IV. UDN에서의 간섭제어
 기술동향
- V. 결론

I. 서론

애플의 아이폰의 등장은 전 세계의 모바일 시장을 음성 위주의 서비스뿐만 아니라 다양한 형태의 스마트 기기들이 제공하는 애플리케이션 및 콘텐츠 중심으로 빠르게 전환시켰다. 특히, 3GPP Rel. 8 LTE(Long Term Evolution) 서비스가 본격적으로 시작되면서, 모바일 데이터 사용량 또한 매우 가파른 상승세를 견인하기 시작했고 이에 주파수 집성(Carrier Aggregation: CA) 기술로 대표되는 Rel. 10 LTE-Advanced 서비스까지 제공되기에 이르렀다.

2016년 2월 Cisco에서 발표한 2015-2020 VNI (Visual Networking Index) 글로벌 전망 보고서[1]에 따르면, 2020년까지 전 세계 모바일 사용자가 55억명에 달할 것으로 예상되고, 모바일 지원 장치와 연결 수가 116억건에 달할 것으로 예상했다. 또한, 평균 모바일 연결 속도가 현재보다 3배이상 빨라질 것으로 예상하였다. 특히 모바일 비디오와 오디오 등 멀티미디어 서비스가 전체 모바일 데이터의 75%를 차지할 것으로 예상하였다.

이와 같이 모바일 기기와 데이터 이용량의 폭발적인 증가에 따라 한정된 자원으로 좀 더 빠르고 많은 용량을 처리하기 위해 다양한 기술들에 대한 표준화 및 연구 개발이 진행 중이며, Massive MIMO 기술, 3D beamforming 기술이나 소형셀 기술 및 이중 무선망(예, WiFi)과의 연동 기술 등은 5G(5세대 이동통신)로 가는 길목에 있는 대표적인 기술이라고 할 수 있다. 특히 소형셀 기술은 기존의 매크로 셀 영역 내에 트래픽이 대량으로 발생하는 hot-spot이나 빌딩 내에 피코 및 펌토와 같은 소형 기지국을 다수 설치하여 Heterogeneous Network (HetNet) 기반으로 단위 면적당 네트워크 용량을 증대하는 기술이다. 기존의 4G에서도 HetNet 환경이 구성이 되었으나, 5G에서는 수많은 소형 셀을 밀집시킨 초밀집 네트워크(Ultra Dense Network: UDN) 구조를 통

해 5G 성능 요구 사항에 접근하려는 노력이 활발히 진행되고 있다[2].

이렇게 같은 주파수 대역을 사용하는 셀 간의 거리가 짧아질수록 셀 경계 지역이 많아지기 때문에 셀 간 간섭이 증가할 수 밖에 없다. 따라서 셀 간 간섭제어 기술이 뒷받침되지 않으면 셀 전체 용량 관점에서 성능 향상은 크게 기대할 수 없다.

본고에서는 5G 네트워크로의 진화 과정에 따른 셀 간섭문제에 대해 기술하고, 3GPP에서 연구하고 표준화가 진행된 간섭제어 기술에 대해 소개하고, 나아가 5G 네트워크 구조에서 연구되고 있는 초밀집 소형셀 네트워크에서의 간섭제어 기술에 대해 기술하고 결론을 맺는다.

II. 5G 네트워크 진화 과정에서의 간섭문제

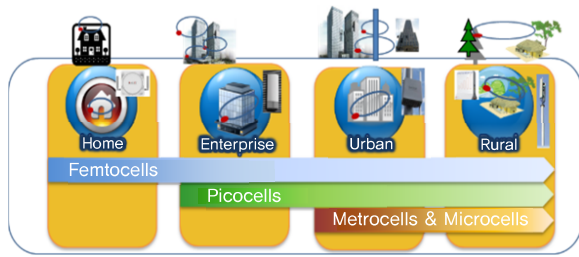
1. Homogeneous Network

Homogeneous Network는 전통적인 네트워크 구조로, 동일한 송신 전력, 안테나 패턴을 가진 기지국들이 유사한 성능을 가진 백홀 링크를 통해 코어망에 연결되어 있으며, 주로 10~40W급의 매크로 기지국이 수 km의 넓은 영역을 커버하고 가능한 한 많은 사용자를 수용할 수 있는데, 2008년에 처음 소개된 3GPP Rel. 8LTE까지의 네트워크 구조로 오랫동안 운영되어왔다.

특히 LTE는 하향링크에서는 OFDMA를 사용하고, 상향링크에서는 SC-FDMA를 사용하여 셀 내 간섭은 없지만, 같은 주파수 대역을 사용하는 이웃한 셀들은 같은 주파수 자원을 단말들에게 할당해 줄 수 있는데, 셀 경계에 단말들이 있으면 큰 power로 통신이 이루어지므로 그 신호가 서로에게 간섭이 된다.

2. Heterogeneous Network

매크로 셀만으로 구성된 네트워크에서 모바일 트래픽의 폭증을 해결하고 사용자의 QoS/QoE를 향상하기 위해



(그림 1) 셀 크기 및 용도에 따른 소형셀의 분류[3]

기존에 배치된 매크로 기지국의 영역에 같은 주파수를 사용하는 다양한 형태의 소형셀 기지국이 중첩되어 배치된 네트워크를 heterogeneous network(Het Net)라 한다.

여기서, 소형 셀 기지국이란 통상 수 km의 광대역 커버리지를 지원하는 매크로 셀과는 달리 10~수백 m 정도의 소출력 커버리지를 갖는 기지국을 말한다. Small Cell Forum에서는 (그림 1)과 같이 소형 셀 기지국을 셀의 크기와 용도에 따라 펌토 셀, 피코 셀, 도심이나 시골 지역에서 사용하는 메트로 셀과 마이크로 셀로 구분하여 정의하고 있으며, 실제 이러한 기준에 의한 유형의 소형 셀 제품들이 출시되고 있다[2].

소형 셀 기지국은 3G UMTS 기반의 펌토 셀에서 시작하여 4G LTE 기반의 3GPP Rel. 8/9의 Home eNB로 명칭되며 데이터 트래픽의 분산 수용 목적 외에 주거용 및 음영 지역 해소를 위한 목적으로 이용되기 시작하였다. Rel. 10/11에서는 소형 셀 기술로 정의하여, 이를 포함하는 HetNet 기술에 대한 토대를 마련하였다. Rel. 12에서는 이중 연결성을 지원하는 소형 셀 향상(Small Cell Enhancement) 기술로 발전하였으며, Rel. 13/14의 면허 대역을 사용하는 셀을 주 전송 대역으로 하고 비 면허 대역을 사용하는 셀을 부 전송 대역으로 집성시키는 LTE-LAA(Licensed-Assisted Access) 기술도 소형셀을 대상으로 표준화를 계속 진행 중이다. 이는 모두 HetNet 기반에서 소형 셀을 점차 밀집 배치하여 스펙트럼 효율성을 높이고 폭증하는 데이터 트래픽을 수용하기 위한 구조로 확장되고 있다.

이러한 HetNet 환경에서의 셀 간 간섭문제는 셀과

셀 간의 거리가 가까워져서 셀 경계 지역이 많아지고, 매크로 셀과 소형 셀의 송신 출력의 차이로 인해, 소형 셀에 접속되어 있으면서 셀 경계에 있는 단말이 심하게 간섭을 경험하게 되고, Closed Subscriber Group(CSG) 소형 셀 근처에 있는 매크로 셀에 접속되어 있는 단말은 소형 셀로부터의 간섭이 심해지게 된다.

3. Ultra Dense Network

셀의 크기를 줄이는 것이 단위 면적당 주파수 이용 효율을 늘릴 수 있다는 Martin-Cooper의 법칙에 따라, Ultra Dense Network(UDN)에 대한 연구가 5G 네트워크의 한 분야로 활발히 진행되고 있다. UDN은 매우 작은 셀 영역을 가지는 셀들이 매우 밀집하는 구조를 가진 네트워크 구조로 단말과 기지국 간의 거리가 짧아 높은 경로 감쇄 이득 및 짧은 전송 지연을 통하여 높은 데이터 전송률을 제공할 수 있는 장점을 가지게 된다. 5G 기술 성능 요구 사항을 만족시키기 위해 UDN에서의 셀은 서로 다른 주파수 대역(예를 들어 6GHz이상의 mmWave 대역과 6GHz이하의 현재 셀룰라 대역)과 다양한 무선 전송 방식이 검토되고 있고, 이를 harmonization하기 위한 프로토콜 스택 구조 연구 및 대량의 셀로 인한 중앙 집중 관리/분산 집중 관리, 셀 간의 협력 방안에 대한 연구가 한창 진행 중이다[2].

UDN에서는 기존의 4G의 HetNet 환경에서 보다 훨씬 더 많은 수의 소형 셀이 밀집되어 운영될 것이므로, 셀 간의 간섭문제로 인해 어느 한계 이상으로 시스템 성능을 향상시키기 어렵게 된다. 이를 위해 다양한 종류의 네트워크 협력을 통해 간섭제어 기술이 필요하다.

III. 3GPP 표준에서의 간섭제어 기술동향

1. ICIC

Inter-Cell Interference Coordination(ICIC)는 3GPP Rel. 8에 정의되어 있는 LTE 시스템의 간섭제어 기술

로, homogeneous network 환경에서 인접한 셀들이 셀 경계에 있는 단말들에게 서로 다른 주파수 자원을 할당 해주기 위한 방법을 제시한 기술이다.

ICIC 기능을 가지고 있는 기지국 간에 X2 인터페이스가 연결되어 있다고 하였을 때, 각 기지국들은 특정 주기마다 X2 메시지의 Load Information의 간섭정보를 구성하고 이를 X2 인터페이스를 통해 이웃한 기지국들이 Load Information을 주고받을 수 있다[4][5]. Rel. 8에서 정의한 Load Information 내의 간섭정보는 Relative Narrowband Transmit Power(RNTP), High Interference Indicator(HII), Overload Indicator(OI)가 있다.

- RNTP
다음 특정 주기 동안 해당 셀에서 하향링크에 특정 power 이상을 사용할 주파수 자원(Resource Block, RB)을 1로 설정하고, 나머지 자원을 0으로 설정함.
- HII
다음 특정 주기 동안 해당 셀에서 상향링크에 특정 power 이상을 사용할 것으로 예상되는 RB을 1로 설정하고 나머지는 0으로 설정함.
- OI
지난 특정 주기 동안 해당 셀이 이웃한 셀들로 부터 받은 간섭의 세기를 나타냄.

각 셀들은 Load Information의 간섭정보를 통해 셀 경계에서 사용할 수 있는 주파수 영역을 결정하고, 이를 단말들에 할당하게 된다.

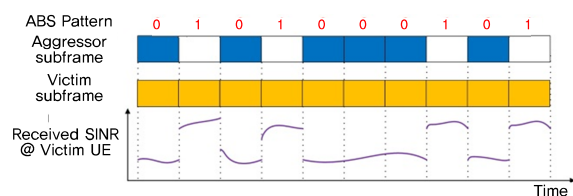
2. eICIC

Rel. 8의 ICIC에서는 데이터 채널 영역에 대해서만 셀 경계 단말들에게 서로 다른 주파수 영역을 할당해 줄 수 있다. LTE 시스템에서 제어 채널은 시스템 채널 대역폭

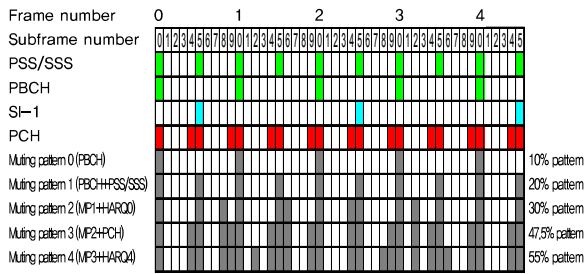
전체에 분산되어 전송 되므로, 인접 셀 단말들에게는 이웃한 셀에서 송신한 제어 채널은 수신될 수밖에 없다. 이때, homogeneous network 환경에서는 이웃한 셀의 안테나 출력이 비슷해서 셀 경계에 있는 단말들이 수신하는 간섭의 세기가 크지 않게 되지만, HetNet 환경에서는 매크로 셀의 송신 전력이 소형셀의 송신 출력보다 훨씬 크기 때문에, 소형셀과 매크로 셀 경계에 있는 단말들에게는 제어 채널간의 간섭이 매우 심해진다.

enhanced Inter-Cell Interference Coordination (eICIC)은 3GPP Rel. 10에서 정의된 LTE-Advanced 시스템의 간섭제어 기술로, Rel. 8에서 정의된 주파수 영역 대신에 시간 영역을 셀 간 나누어 전송하는 방식이다. HetNet 환경에서 간섭을 일으키는 셀을 공격자 셀 (Aggressor cell)이라 하고, 간섭을 받는 셀이 희생 셀 (Victim cell)이라 정의하고, 특정 시간 영역(서브프레임, 1ms 단위)에서는 공격자 셀이 데이터 전송을 중지하여, 희생 셀에 연결된 셀 경계 단말이 해당 시간 영역에서 희생 셀과 데이터 전송을 주고받을 수 있도록 하는 방법이다. 공격자 셀이 데이터 전송을 중지하는 특정 시간을 Almost Blank Subframe(ABS)이라고 정의하며, ABS에서는 LTE 시스템의 단말과의 호환성을 위해서 단말 동작에 필수적인 최소한의 신호를 제외한 나머지 부분의 데이터를 할당하지 않는다[6][7].

ABS 정보는 ABS로 사용한 서브프레임을 비트맵으로 나타낸 것으로, FDD에서는 40비트, TDD의 경우에는 UL/DL Configuration에 따라 최대 70비트의 비트맵으로 구성된다. FDD의 경우를 들면, 40비트는 40개의 서브프레임을 나타내며, (그림 2)와 같이 비트의 값이 1이



(그림 2) ABS Pattern에 따른 Aggressor/Victim



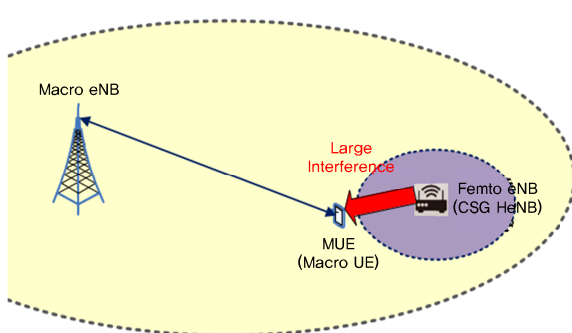
(그림 3) LTE-FDD ABS 패턴 예[7]

면 ABS, 0이면 non-ABS임을 지칭한다. ABS 비트맵은 희생 셀에 어떤 신호를 보호해줄 것인지에 따라 다양한 패턴으로 설정할 수 있는데, (그림 3)의 패턴 0와 같이 희생 셀의 동기 신호인 PBCH만을 보호하기 위해 subframe 0을 ABS로 설정하는 패턴이 있을 수 있고, 거기에 PSS/SSS 동기 신호를 ABS로 설정하는 패턴 1, Paging 채널을 보호하기 위한 패턴 3, 상향링크의 임의의 HARQ process 보호할 수 있는 패턴 2을 설정해 줄 수 있다.

HetNet이 구성된 환경에 따라 공격자 셀과 희생 셀이 달라지는데, 두 가지 시나리오를 고려한다.

가. 매크로 셀—CSG 펌토셀

(그림 4)와 같이 매크로 셀 영역 내에 Closed Subscriber Group(CSG) 펌토셀이 있는 경우, 매크로 셀에 연결된 매크로 단말은 CSG 펌토셀 가까이에 있어도 CSG 펌토셀에 연결될 수가 없으므로, CSG 펌토셀이 공격자 셀이 되고, 매크로 셀이 희생 셀이 된다. 그러나,



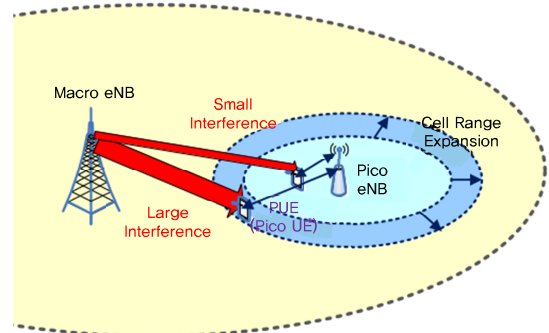
(그림 4) 매크로-CSG 펌토셀 간 간섭 예

CSG 펌토셀과 매크로 셀 간에는 X2 인터페이스 연결을 하지 않으므로, 사전에 정의된 ABS 패턴을 Operation, Administration and Maintenance(OAM) 설정을 통해 CSG 펌토셀이 ABS 구간에서 데이터 전송을 하지 않도록 하여 매크로 셀에 연결된 셀 경계 단말이 데이터 전송을 할 수 있도록 한다.

나. 매크로 셀—피코셀

매크로 셀 영역 내에 피코셀이 있는 경우, 즉 (그림 5)와 같은 경우에는 피코셀경계에 인접한 단말들이 매크로 셀에 연결되지 않게 하려고, 셀 확장 기법(Cell Range Expansion)을 사용하여 피코셀의 영역을 확장시켜 줄 수 있다. 그러나, 확장된 셀 영역 내의 단말들은 매크로 셀의 간섭을 심하게 받게 된다. 즉, 이 환경에서는 매크로 셀이 공격자 셀이 되고, 피코셀이 희생자 셀이 된다.

보통 매크로 셀과 피코셀은 X2 인터페이스 연결이 된다고 가정하기 때문에, 간섭을 심하게 받고 있는 피코셀은 간섭을 많이 주는 매크로 셀로 Load Information 내의 Invoke를 설정하여 매크로 셀이 ABS를 설정해 줄 것을 요청한다. Invoke를 받은 매크로 셀은 트래픽 load 및 사업자 정책 등에 따라 ABS를 적용할지, 적용을 하면 어떤 pattern으로 할지 결정하여 그 결과 Load Information 내의 ABS Information 내에 실어서 피코셀로 알려준다. ABS를 적용하는 경우, 피코셀은 매크로



(그림 5) 매크로-피코셀 간섭 예

셀 경계에 있는 단말들에게 데이터 전송을 할 수 있게 된다. 또한, 매크로 셀은 주기적으로 ABS 사용정보를 피코셀로부터 받아서 ABS pattern을 수정할지 그대로 사용할지를 X2 인터페이스의 Resource Status Request/Response/Update 과정을 통해 수시로 모니터링한다[4].

3. FeICIC

3GPP Rel. 10에서 정의한 ABS 구간에서 희생 셀들이 공격자 셀로부터 받는 간섭을 피할 수 있지만, 여전히 Cell Specific Reference Signal(CRS)의 간섭은 피할 수 없는 문제이다. 3GPP Rel. 11에서는 희생 셀에서 공격자 셀이 송신하는 CRS 위치에 데이터를 전송하지 않는 PDSCH muting 기법과 공격자 셀의 CRS 위치를 단말에게 알려주어 단말에서 간섭을 제거할 수 기법을 제공한다.

4. CoMP

3GPP Rel. 11에서 연구를 시작한 Coordinated Multipoint Transmission and Reception(CoMP) 기술은 셀 경계에 있는 단말에게 여러 개의 이웃한 셀이 협력하여 데이터를 송수신하여 간섭을 줄이고 셀 경계에 있는 단말의 성능을 높이기 위한 기술이다. Rel. 11에서는 셀 간의 이상적인 백홀 환경을 가정하였고, Rel. 12에서는 셀 간에 현실적인 백홀 환경을 고려한 협력 기술에 대한 표준화를 진행하였다.

하향링크 CoMP를 통한 송신 방식은 크게 Coordinated Scheduling(CS)/Coordinated Beam-forming(CB)과 Joint Processing(JP)로 나눌 수 있다. CS/CB는 데이터를 전송하는 셀은 하나이지만 주변 셀들과 스케줄링 및 빔 형성에 대한 협력을 통해 셀 경계에 있는 단말이 경험하는 간섭을 줄인다. JP는 다수의 이웃한 셀들이 같은 데이터를 단말에 송신할 수 있는 기술로, 세부적으로는 Joint Transmission(JT)와 Dynamic Point Selection

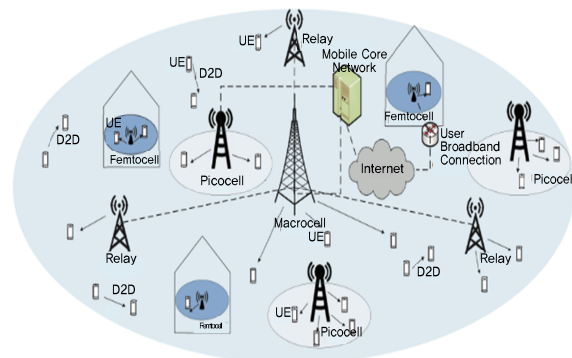
(DPS)이 있다. JT는 이웃한 셀들이 동시에 같은 자원을 사용해서 같은 데이터를 단말에 송신할 수 있는 기술이며, DPS는 어느 한순간에는 한 개의 셀이 데이터를 전송하고, 그 셀은 동적으로 바뀔 수 있다.

상향링크 CoMP를 통한 수신방식은 CS/CB와 Joint Reception(JR)으로 나눌 수 있다. CS/CB는 단말 주변에 있는 셀에서 협력하여 스케줄링과 프리코딩을 수행해서 수신하는 방식이며, JR은 단말 주변에 있는 셀에서 수신한 상향링크 신호를 모두 모아서 처리하는 방식을 의미한다.

Rel. 12에서는 현실적인 백홀 환경을 고려하였기 때문에 앞서 설명한 JP 기술을 적용할 수가 없으므로, semi-static point selection/muting 기술을 포함한 CS/CS 기술에 대한 표준화가 진행되었다.

IV. UDN에서의 간섭제어 기술동향

앞서 정리한 것처럼 3GPP에서는 주파수 영역의 ICIC를 시작으로 시간 영역의 eICIC, Further enhanced Inter-Cell Interference Coordination(FeICIC), 그리고 공간 영역의 CoMP까지 다양한 간섭제어 기술을 논의해 왔다. 5G UDN 구조에서는 (그림 6)과 같이 multi-tier HetNet에서 수많은 소형셀이 밀집된(densification) 형상을 이루며, 위에 논의된 기술 몇 가지를 단순히 혼합 적용해서는 효과적인 간섭제어가 이루어지지 않는다.



(그림 6) 5G UDN 구조의 간섭제어 환경

1. Small Cell ON/OFF 기술

UDN 환경에서는 수많은 소형셀 네트워크가 인접하여 상호 간 극심한 간섭을 일으킬 수 있다. 이러한 간섭문제를 해결하지 않고서는 기존 셀룰러 네트워크의 문제점인 음영 지역 통신 성능 저하, 데이터 수요 집중 등을 해결하려는 방안으로 제시된 UDN이 제 기능을 하기 어렵다.

앞선 문제점을 해결하는 방안 중 하나로 수많은 소형셀 전부를 지속적으로 운영하는 것이 아니라, 실시간 데이터 수요 분석 및 사용자 이동성을 고려하여 특정 소형셀을 일시적으로 중단시키는 small cell on/off 기술 개발이 진행 중이다[8]. 전체 시스템이 소모하는 전력을 아낌으로써 에너지 절감 효과가 있으며, 소형셀 간의 간섭세기를 줄여 전체 성능을 증대시킬 수 있는 기술이다.

2. Base-Station Selection and Resource Coordination

기존의 기지국은 그 서비스 범위가 넓어, 이동 중인 사용자가 어떤 기지국과 통신을 해야 할 좋은 통신 서비스를 누릴 수 있는지가 비교적 명확했다. 반면, UDN 환경에서는 물리적으로 가까운 소형셀 기지국의 수가 많고, 따라서 어떤 기지국과 통신을 하느냐에 따라 간섭의 세기가 작아져 서비스의 질이 크게 달라질 수 있다. 실시간 데이터 수요, 이동성, 채널 환경 등을 종합적으로 고려한 새로운 기지국 선택 기술 연구[9]가 진행 중이다.

또한, 인접한 각 기지국이 어떻게 주파수 및 시간 대역을 나누어 갖고, 각 기지국이 관리하는 이동 단말에 어떻게 자원을 할당할지 결정하는 기술 또한 사용자 간의 간섭을 낮추고 급증하는 데이터 수요를 맞추기 위해 중요하기에 활발한 연구[9]가 이루어지고 있다.

3. Coordinated Multi-Point Transmission and Beamforming

UDN 환경에서는 많은 수의 좁은 coverage 소형셀이

인접하게 위치한다. 이동 통신의 특성 상 무선 단말은 소형셀의 경계를 자주 넘나들게 되고, 이는 심한 간섭에 노출되기 쉽다. 연결된 셀로부터 멀어지면서 신호 세기가 약해지고, 간섭 셀의 coverage 내부와 가까워지면서 간섭 신호 세기가 커지기 때문이다.

무선 기기의 mobility로 인한 간섭을 해결하기 위한 기술 중 하나로, 여러 셀 간 coordination을 통한 무선 통신 기술[10]이 활발한 연구 단계에 있다. 물리적으로 인접한 여러 셀이 동시에 단말을 지원하여, 좋은 채널 환경을 제공하는 셀과의 선택적 통신으로 일정 수준 이상의 신호 세기를 유지하는 borderless(cell-less) 환경을 구축할 수 있을 뿐만 아니라, 필요시에는 여러 셀과의 cooperative 통신으로 신호 세기 증폭 및 주파수 대역 증가로 높은 전송률을 제공할 수 있다. 기존의 통신 방식은 하나의 단말이 하나의 기지국과 연결되어 인접 기지국으로부터 간섭을 받는 형태였다면, UDN 구조에서는 하나의 단말이 물리적으로 인접한 여러 기지국에 동시에 연결되어 seamless 환경을 형성하고 간섭을 줄이는 효과를 얻는 것이다. 이러한 기술은 여러 셀 간의 X2 인터페이스를 통한 정보 교환이 효율적, 효과적으로 이루어지는 것이 중요하다.

V. 결론

본고에서는 네트워크 진화 과정에서의 셀 간의 간섭문제에 대해 정리하고, 3GPP에서 논의했던 간섭제어 기술인 3GPP Rel. 8의 ICIC부터 Rel. 10의 eICIC, Rel. 11의 FeICIC, Rel. 11/12의 CoMP까지의 간섭제어 기술에 대해 정리하였다. 또한, 5G UDN 구조에서의 간섭제어 기술동향에 대해 살펴보았다. 5G 네트워크에서는 이제 더 이상 간섭제어 기술 하나만을 통해 시스템 성능을 향상시키는 것은 매우 어려우며, 단말이 요구하는 데이터 서비스의 종류, 이동성 및 채널 환경, 셀 간의 자원 할당 방법 등을 종합적으로 고려해야 최적의 시스템 성능을

얻을 수 있으며, 이에 대한 핵심적인 연구가 필요하다.

용어해설

Rel. X 3GPP에서는 새롭게 추가되는 기능을 구분하기 위해 Release로 구분하고 있음. Rel. 8부터 3GPP LTE 기술이 추가됨.
 CSG(Closed Subscriber Group) 단말의 액세스를 인증 없이는 허용하지 않는 셀. 즉, 가입지에 한해서만 액세스를 허가해주는 셀
 Non-ideal 백홀(현실적인 백홀) 수 ms에서 수십 ms이상의 지연이 발생할 수 있는 기지국과 기지국 간의 연결, 기지국과 코어 네트워크 사이의 연결을 의미. 보통 광 링크가 아님 경우를 의미함. 이상적인 백홀은 2.5μs이하의 지연과 10Gbps 이상의 용량을 갖는 백홀

약어 정리

ABS	Almost Blank Subframe
CA	Carrier Aggregation
CoMP	Coordinated Multipoint Transmission
CS	Coordinated Scheduling
CB	Coordinated Beamforming
CSG	Closed Subscriber Group
DPS	Dynamic Point Selection
eICIC	enhanced Inter-Cell Interference Coordination
FeICIC	Further enhanced Inter-Cell Interference Coordination
HetNet	Heterogeneous Network
HII	High Interference Indicator
ICIC	Inter-Cell Interference Coordination
JP	Joint Processing
JT	Joint Transmission
JR	Joint Reception
LTE	Long Term Evolution
OAM	Operation, Administration and Maintenance
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
OI	Overload Indicator
PBCH	Physical Broadcast Channel
PSS	Primary Synchronization Signal
QoS	Quality of Service
QoE	Quality of Experience
RNTP	Relative Narrowband Transmit Power

SC-FDMA	Single Carrier Frequency Division Multiple Access
SSS	Secondary Synchronization Signal
UDN	Ultra Dense Network
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System

참고문헌

[1] Cisco, "Cisco Visual Networking Index(VNI): Global Mobile Data Traffic Forecast, 2015-2020," Feb. 2016.
 [2] METIS-II, "Preliminary Views and Initial Considerations on 5G RAN Architecture and Functional Design," March. 8, 2016
 [3] <http://www.smallcellforum.org>
 [4] 3GPP TS 36.423, Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); X2 Application Protocol (X2AP), V13.4.0, June 2016.
 [5] 3GPP TS 36.213, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2, V13.3.0, Mar. 2016.
 [6] 3GPP TS 36.300, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2, V13.3.0, Mar. 2016.
 [7] Nokia Siemens Network et al, "TDM eICIC Coordination between macro eNBs and CSG Home eNBs," 3GPP TSG RAN WG1 #62bis, R1-105551, Oct. 2010.
 [8] E. Temon et al., "Energy Savings in Heterogeneous Networks with Clustered Small cell Deployments", *International Symposium on Wireless Communications Systems*, pp. 126 – 130, Aug. 2014.
 [9] E. Hossain et al., "Evolution Towards 5G Multi-Tier Cellular Wireless Networks: An Interference Management Perspective," *IEEE Wireless Communications*, vol. 21, no. 3, June 2015, pp. 118-127.
 [10] P. Kela, J. Turkka, M. Costa, "Borderless Mobility in 5G Outdoor Ultra-Dense Networks," *IEEE Access*, vol. 3, Aug. 2015, pp. 1462-1476.