

차세대 이동통신에서의 Small Cell 발전 동향

김이재 LG전자 책임연구원
안승진 LG전자 책임연구원
정성일 LG전자 책임연구원
이주희 LG전자 연구위원



1. 머리말

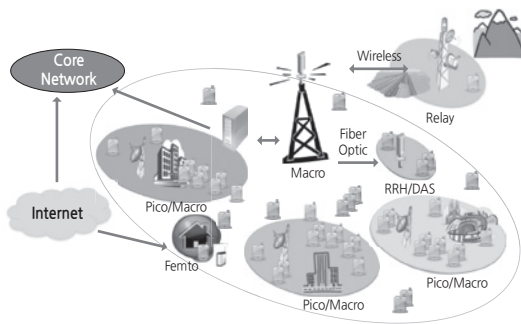
애플의 아이폰 등장을 기점으로 하여 전 세계의 모바일 시장은 스마트기기 중심으로 빠르게 재편되었으며 이동통신 기술의 세대교체, 즉 LTE의 등장과 맞물려 엄청난 성장이 이루어지고 있다. 이러한 기술의 발달과 함께 데이터 트래픽 사용량 또한 매우 가파른 상승세를 보여주고 있는데, 한정된 자원으로 좀 더 빠르고 많은 용량을 처리하기 위해 여러 방면에서 표준화 작업 및 기술 개발이 진행 중이다. 안테나의 3D 빔 포밍(Beam Forming) 기술이나 매시브 마이모(Massive MIMO)기술, 혹은 이중 무선망(예, WiFi)과의 연동 기술, Small Cell 기술 등이 그 대표적인 예라고 할 수 있다. 이러한 여러 기술들 중 Small Cell에 대해 다루고자 하는데, Small Cell은 우리가 흔히 알고 있는 기지국, 즉 eNB(evolved NodeB)보다는 작은 개념의 기지국 형태로서 종래의 기지국이 혼자 감당해야 했던 많은 일을 Small Cell이 분산 처리할 수

있는 장점이 있어 최근 가장 많이 주목받고 있는 기술이라고 할 수 있다. 본 고에서는 Small Cell의 기본 개념과 특징 등의 전반적인 사항, 그리고 Small Cell 관련 기술 및 Small Cell로 인해 생기는 문제점과 그에 대한 해결방안에 대해 살펴볼 것이다. 또한, 최신 Small Cell 동향 및 시장 현황을 통해 앞으로의 성장 가능성을 예측해보고자 한다.

2. Small Cell

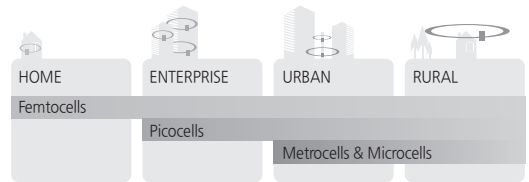
2.1 Small Cell의 정의

LTE는 3GPP Rel.8에 처음 소개가 되었지만 스펙트럼의 효율성 관점에서 보자면 이전의 3G 방식과 비교하여 크게 다른 점은 없다고 할 수 있는데, 즉 LTE만의 특별한 것이 부족했다는 한계점을 가지고 있었다. LTE-Advanced로 넘어오면서 한정된 자원 내에서 효율성을 극대화시키기 위해 많은 고민이 있었고, 그 결과로 고차원 마이모(Higher Order



※ 출처: <http://blog.3g4g.co.uk/search/label/HetNets>

[그림 1] 매크로(Macro), 피코(Pico), 펌토(Femto)와 릴레이(Relay)로 구성된 HetNet



※ 출처: www.smallcellforum.com

[그림 2] Small Cell Category

MIMO), 주파수 집성(Carrier Aggregation), 이종 간 네트워크(Heterogeneous Networks)¹⁾의 세 가지 기술이 채택 되어 이로 인해 LTE가 가진 한계성을 뛰어넘어 한 단계 진화할 수 있었다.

HetNet은 여러 종류의 Small Cell들이 기존의 매크로 네트워크(Macro Network)와 같이 혼합되어 운용되는 네트워크로 정의가 되고, 이는 기존의 매크로 셀(Macro Cell)로만 운영되어 오던 네트워크의 문제점을 해결할 수 있는 대안으로 제시되고 있다.

Small Cell은 저전력 무선 접속 기지국으로서 최소 10m에서 수백 미터 정도의 운용범위를 가지는 것으로 정의되는데 사용범위 및 용도에 따라, 펌토셀(FemtoCell), 피코셀(PicoCell), 메트로셀 및 마이크로셀(MetroCell & MicroCell)로 분류가 된다. 또한 설치 지역 및 그 서비스 목적에 따라 가정(Home), 기업(Enterprise), 도심지역(Urban), 도시외곽지역(Rural)로 나눌 수 있다.

LTE에서 펌토셀은 보통 HeNB(Home eNB)으로 인식이 되는데, 3GPP에서는 Small Cell에 대한

개념 및 정의에 대해 계속 확장하고 있는 추세이다.

2.2 Small Cell의 장점

과거에는 주로 한 개의 기지국에 가능한 많은 사용자가 사용할 수 있도록 하는 정책을 사용하였는데, 기지국 당 사용자가 많아질수록 효율성은 점점 떨어지고, 셀 경계 영역 및 건물 내에서의 품질 저하 및 음영지역 발생 등의 문제점들이 발생하게 되었다. Small Cell은 쿠퍼의 법칙(Cooper's Law)을 따라 셀의 사이즈를 줄여 단말기를 기지국에 가깝게 위치시켜 트래픽의 밀도를 높여 이러한 문제를 해결하자는 것이다. 이외에도 Small Cell을 사용하면 다음과 같은 장점이 있다. 첫째, 단말기의 전력 소모가 줄어든다. 단말기와 기지국이 가까이 위치하게 되면 아주 적은 파워로 신호를 주고받을 수 있기 때문에 전력 소비에 좀 더 효율적이다. 둘째, MIMO의 장점이 극대화된다. 최근의 모바일 트래픽 사용 경향에 대해 살펴보면 전체 발생 트래픽 중의 대부분은 실내에서 발생하여 Small Cell 기지

1) 이하 HetNet으로 표기

국은 주로 실내(indoor)에 많이 설치될 것으로 예상된다. 이러한 실내 환경에서는 무선신호의 다양한 각도로 다중패스가 가능하여 마이모(MIMO)의 장점이 극대화 되어 스펙트럼을 효율적으로 사용할 수 있게 된다. 셋째, 설치비 및 유지비용이 기존 기지국에 비해 적게 드는 이점이 있다.

2.3 Small Cell 주변 기술

Small Cell이란 것이 어떤 하나의 기술로서 정의가 되어 서비스를 제공한다면 여러 기술이 접목되고 운용될 때 효율적인 HetNet시스템이 구축될 수 있다. Small Cell 운용에 필요한 대표적인 기술들은 다음과 같다.

2.3.1 SON(Self Organizing Network)

Small Cell의 유지비용을 낮추는 핵심적인 기능으로 HeNB를 설치하면 주위의 셀과 연동하여 필요한 정보를 얻어 스스로 운용에 필요한 작업들을 수행하는 기술이다. 자가 구성(Self Organization), 자동 최적화(Self Optimize), 자가 치유(Self Healing) 기능으로 구성된다.

2.3.2 무선 간섭(Radio Interference)

Small Cell은 그 셀의 영역이 겹치기 때문에 필연적으로 셀 간 간섭 현상에서 자유로울 수가 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해 3GPP에서는 다양한 해결책을 제시하고 있는데, 그 대표적인 기술이 ICIC(Inter-Cell Interference Coordination)와 CoMP(Coordinated Multi-Point Transmission and Reception)이다. ICIC는 Rel.8에서 처음 소개가 되어, Rel.10에서 eICIC(Enhanced ICIC), 그리고 Rel.11에서 FeICIC(Further eICIC)로 발전하고 있다. 기본 개념은 인접 셀 간에 주파수 및 시간

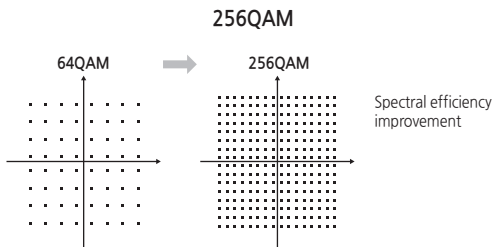
공간을 분할 사용하여 같은 시간, 같은 주파수 대역의 사용이 겹치는 것을 없애자는 것이다. CoMP는 셀 간의 협력 통신을 통해 서로의 간섭을 최소화하고 주변 셀들을 스케줄링하거나 빔 포밍(Beam Forming)기술을 통해 단말기에 미치는 간섭 역시 최소화하는 기술이다. 현재 국내에서는 KT의 LTE-WARP와 SKT의 Advanced-SCAN 방식에 CoMP 기술이 접목되어 상용화를 기다리는 중이며 차후에는 Small Cell을 실시간으로 On/Off 할 수 있는 기능들에 대해서도 현재 적용을 해서 매크로 기지국과 Small Cell 간의 간섭현상을 제거하려는 노력과 Off 이후에 On 되어 있는 Small Cell을 빨리 발견할 수 있는 기술 등이 논의 중이다.

2.3.3 백홀(Backhaul)

백홀은 보통 무선 접속 네트워크(Radio Access Network)와 코어 네트워크(Core Network)사이의 범위를 지칭하며, 우리가 흔히 알고 있는 Fiber, ADSL, VDSL, FTTx 기술 등이 유선 백홀을 구성하는 데 사용된다. Small Cell이 확대됨에 따라 각 셀을 연결하는 방법으로 무선 백홀 기술이 제시되고 있는데, 무선 백홀 기술은 유선에 비해 구축비용이 저렴한 장점이 있고, 주로 Sub-6GHz와 60GHz(초창기 5G 이동 통신에서 논의에서는 제외된 상태)의 주파수 대역이 선호되어 사용될 것으로 예상된다.

2.4 3GPP에서의 최근 LTE Small Cell 관련 표준화 진행 상황

Small Cell 관련 사항은 위에서 기술한 바와 같이 UMTS에서부터 홈노드비(Home NodeB)와 LTE R8~R10부터 HeNet 같은 이름으로 등장을 이미 3GPP 내에서도 많은 소개가 된 바가 있다. 하지만 실제로 사용자들이 양질의 데이터 서비스를 체험할 수 있도록 Small Cell의 개념을 폭넓게 확장



※ 출처: 3GPP LTE-A Rel-12 Small Cell and TDD Technology, 최승훈(Samsung)

[그림 3] Small Cell Category

하기 시작한 것은 R12부터라고 할 수 있다. R12부터는 기존의 펌토셀과 달리 데이터 속도 향상을 위해서 WiFi에서 이미 소개가 된 적 있는 어드밴스드 Modulation 기법의 256(약 이론적으로 64QAM보다 33% Gain 있는 것으로 알려짐) QAM과 기지국(eNodeB) 간의 캐리어 어그리게이션(Carrier Aggregation)기술들이 새로 표준기술로 추가가 되었다. 256QAM으로 인해서 데이터 처리가 늘어났고 Small Cell과 기존 기지국 간에 새로운 개념이 연결 기법은 LTE-어드밴스드(Advanced) 초기에 소개가 되었던 한 개의 기지국에서 무선 모듈(RF Module)만 분리를 시켜서 동시에 서비스를 하는 캐리어 어그리게이션과 달리 각각의 기지국들이 서로 간에 어그리게이션(병합) 하는 것이 가능하게 되었다. 이런 방식 등을 통해서 음영 지역이나 기존 매크로 기지국이 미치지 못했던 지역까지도 Small Cell을 이용해서 더 많은 데이터 서비스 기지국 설치를 통해서 기존의 HeNB보다 주파수 효율성이 좋아지게 되었다

이러한 Small Cell의 확장성을 가능하게 위해서 추가로 3GPP에서는 RIBS(Radio Interface Based Synchronization) 같은 기술이 현재 소개가 되고 있는데 Small Cell이 음영지역이나 GNSS(ex: GPS)의 수신에 원활하지 않은 위치나 상황에서 운영할 가

능성이 높아서 캐리어 어그리게이션 기법을 기지국 간 구현을 하기 위해서 기지국 간의 동기를 맞추는 기술이 필요하며 이로 인해 Small Cell의 확장성이 가능하게 될 수 있다.

2.5 Small Cell 동향과 시장성

앞에서 간단히 설명했듯이, LTE의 시작인 3GPP Rel.8에서 Small Cell은 CUG(Closed User Groups)의 용도로 소개가 되어 Rel.9에서야 E2E(End to End)서비스 관점에서 정의가 완료되고 이후 릴레이 노드(RN, Relay Node) 및 듀얼 커넥티비티(Dual Connectivity) 등이 새로운 표준 기술로 자리 잡고 있다. 최근에는 듀얼 커넥티비티를 기반으로 한 베어러 스플릿(Bearer Split) 기술에 대한 논의가 진행 중이다. Rel.12에서는 3.5GHz 대역의 주파수를 Small Cell에 채용하는 것으로 논의되었고 최근 퀄컴에서는 LTE-Unlicensed 라는 이름으로 5GHz 대역을 제안하여 Rel.13에서 채용하는 것을 고려하고 있다.

그동안 전 세계적으로 작년까지 약 7.9백만 개 이상의 Small Cell이 설치가 되어, 2013년부터 그 용도가 가정 중심에서 기업 및 도심지역으로 집중되는 현상을 보여주고 있다. 실제로 작년 한 해 동안 가정용 펌토셀은 약 7%의 성장에 비해 기업용 86%, 도심지역에서는 84%의 성장세를 보여주었다. 도심지역에서의 Small Cell은 주로 급격히 증가하는 트래픽 밀도(Traffic Density)에 대응하기 위함인데, 특히 작년 한 해 서울의 트래픽 밀도가 10Gbps/Km²을 넘어서고 있는 것으로 상황이며 통신 사업자들은 이에 대응하기 위해 계속해서 Small Cell을 확대하고 있다. 올해 도심 지역에서의 Small Cell은 약 40%이상의 성장세를 보일 것으로 전망되고, 가정용이나 기업용에 비해 도심지역 중심의


Small Cell 성장률이 월등히 앞설 것으로 기대된다. 2018년에는 약 9조 원 규모로 성장하고, 이중 도심 지역 Small Cell이 전체 시장의 약 80% 이상을 차지할 것으로 예상된다.

2.6 앞으로의 Small Cell 방향

현재 사업자들은 Small Cell로 고주파 대역의 물리적 파장이 짧은 주파수 대역을 고려하고 있다. 일례로 3GPP의 Band 42 같은 3.5GHz 대역을 선호하며 앞으로 주로 256QAM이 지원될 Small Cell 대역으로 봐도 무방할 것이다. 3.5GHz는 현재 주파수 할당 경매가 앞으로 일본을 시작으로 많은 나라에서 시작될 것이며, LTE의 최대 대역인 20MHz 초과로 사업자에게 할당될 것으로 보인다. 이에 많은 단말 개발 회사들도 3.5GHz 대역에 대해서 현재는 준비가 덜 되어 있는 것이 사실이지만, 앞으로는 필요한 RF 부품이나 안테나 기술들에 대해서도 준비를 해야 할 것으로 판단된다. 우리나라도 광개토 플랜 2.0 계획에 의하면 2018년 주파수 경매가 예정되어 있다. 이 대역이 활성화 되어서 많은 Small Cell들이 도심 밀집 지역에 설치되면 지금보다 더 고속의 데이터 서비스 사용자들이 체감할 수 있을 것으로 기대된다.

3. 맺음말

본 고에서는 최근 각광을 받고 있는 Small Cell에 대해 살펴보았다. Small Cell은 분산 안테나 시스템(DAS, Distributed Antenna System), 백홀, WiFi와 함께 하나의 생태 네트워크 즉, HetNet을 이루는 핵심 요소이며, 다가오는 IoT(Internet of Things) 시대에 아주 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 정부에서는 2020년 5G 세계 최초 상용화를 발표하고

관련 부처 및 정부/민간 연구기관에서 표준화 진행을 시작하였지만 아직까지는 그 실체가 없는 것이 사실이다.(3GPP에서 Release14부터 5G로 가칭 논의는 될 것으로 예상) 구체적인 진행 방향이나 목표는 작년에 출범을 한 미래창조과학부 산하 5G 포럼 위원회에서 맡게 될 것으로 보이며 무엇보다도 다가오는 시대에는 Small Cell기술이 4G에서 5G로 넘어가는 징검다리 역할을 하여 5G를 시작할 수 있는 밑거름이 될 것으로 기대한다. 그것이 어떤 모습으로 다가올지는 우리나라가 주최하는 2018년 평창 올림픽 시연을 통해서 많은 사람들이 알게 되지 않을까 생각된다. 

[참고문헌]

- [1] The Best That LTE Can Be, 2010, Femto Forum
- [2] HeNB(LTE Femto) Network Architecture, Dec. 2013, Small Cell Forum
- [3] Small Cell Market Highlights, Feb. 2014, Small Cell Forum, Mobile Expert
- [4] Backhaul Technologies for Small Cells, Dec. 2013, Small Cell Forum
- [5] LTE Advanced: Heterogeneous Networks, Jan. 2011, Qualcomm Inc.
- [6] What's Next for Small Cells?, Mar. 2014, ABI research
- [7] 3GPP TR 23.830, Architecture aspects of Home NodeB and Home eNodeB
- [8] 3GPP TS 36.839, Mobility enhancements in heterogeneous networks
- [9] 3GPP TS 36.842, Study on Small Cell enhancements for E-UTRA and E-UTRAN
- [10] 3GPP TS 36.932, Scenarios and requirements for small cell enhancements for E-UTRA and E-UTRAN
- [11] 3GPP LTE-A Rel-12 Small cell and TDD technology, seunghoon Choi, Samsung