

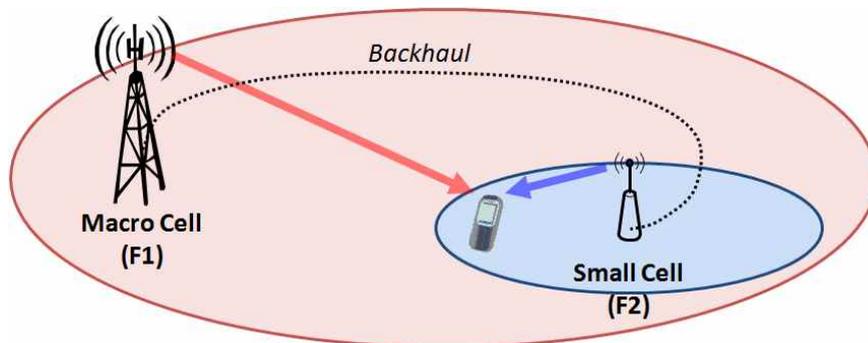
무선 전송 속도 향상을 위한 주파수 집적 (Carrier Aggregation) 및 이중 접속 (Dual Connectivity) 기술 동향

유승민 (삼성전자)

이동통신 서비스가 기존의 음성 중심에서 데이터 중심으로 변화함에 따라 이동통신 사업자들 간의 속도 경쟁이 더욱더 치열해지고 있다. 이동통신 서비스에서 “속도”란 무선 전송 속도를 의미하는 것으로, 주파수라는 무선 자원을 활용하여 일정 시간동안 어느 정도의 데이터 양을 전송할 수 있는지를 의미한다. 고화질의 동영상을 단 몇 초 만에 다운 받을 수 있다는 TV 속 광고는 무선 전송 속도의 중요성을 잘 보여주는 예이다. 그렇다면, 무선 전송 속도는 어떤 방식을 통해 높일 수 있을까? 무선 전송 속도를 높이는 가장 직접적인 방법은 사용가능한 주파수 양을 늘리는 것이다. 2013년 8월에 실시된 국내 주파수 경매에서 통신 3사가 총 2조가 넘는 금액을 지불하며 치열한 경쟁을 펼친 것도 주파수 확보를 통해 무선 전송 속도를 높이기 위해서였다.

이동통신 관련 국제 표준화 기구인 3GPP (Third Generation Partnership Project)는 LTE (Long Term Evolution) 표준 규격에서 하나의 주파수당 최대 20MHz까지의 대역폭을 가질 수 있도록 규정하고 있다. 그러나 대부분의 이동통신 사업자들은 여러 대역에 걸쳐 하나 이상의 주파수를 확보하고 있으므로 여러 개의 주파수를 활용하여 최대 무선 전송 속도를 높일 수 있는 기술을 필요로 하였다. 이러한 이유로, 3GPP에서는 LTE Release 10 표준 규격에서 한 명의 사용자에게 2개 이상의 서로 다른 주파수를 동시에 사용하여 데이터를 전송할 수 있는 주파수 집적 (Carrier Aggregation) 기술을 도입하였고, Release 12 표준 규격에서는 한 명의 사용자에게 전송 지연이 발생할 수 있는 두 기지국 (eNB)이 동시에 데이터를 전송할 수 있는 이중 접속 (Dual Connectivity) 기술을 도입 예정이다. 본고에서는 주파수 집적 및 이중 접속 기술 동향에 대해서 살펴보려고 한다.

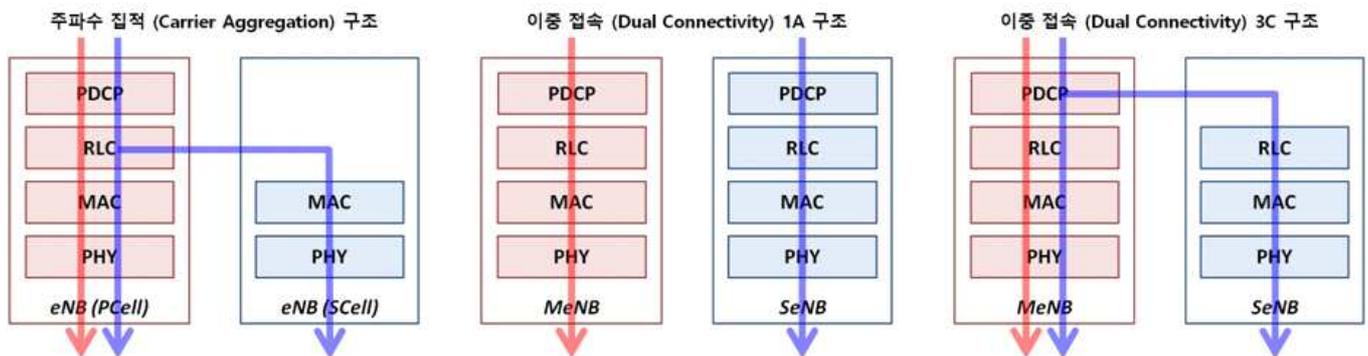
먼저, 주파수 집적 기술과 이중 접속 기술의 차이점을 살펴보기로 하자. 본고에서는 주파수 집적 기술과 이중 접속 기술의 동등 비교를 위해서 상대적으로 넓은 영역 (Macro cell)을 서비스하는 eNB와 상대적으로 좁은 영역 (Small cell)을 서비스하는 eNB를 연동하는 시나리오를 가정한다 [그림 1]. 또한, Macro cell은 주파수 F1을 사용하고, Small cell은 주파수 F2를 사용한다고 가정한다. 이 경우, 주파수 집적 기술은 F1, F2를 동시에 사용하여 데이터를 전송하기 위해서 두 eNB 간 이상적인 백홀 (Ideal Backhaul) 연결이 보장되어야 한다. 여기서 이상적인 백홀이란 두 eNB 간 데이터를 교환하는데 시간 지연이 거의 발생하지 않는다는 것을 의미한다. 반면에, 이중 접속 기술은 두 eNB 간 이상적인 백홀 연결이 없어도 F1, F2를 동시에 사용하여 데이터를 전송할 수 있다.



[그림 1] 기지국 (eNB) 간 연동 시나리오

주파수 집적 기술과 이중 접속 기술이 백홀 요구사항 측면에서 차이가 발생하는 이유는 두 기술의 근본적인 구조가 다르기 때문이다 [그림 2]. 주파수 집적 기술에서는 메인 기능을 담당하는 Cell을 Primary Cell (PCell)이라고 부르며 상대적으로 적은 기능을 담당하는 Cell을 Secondary Cell (SCell)이라고 부른다. 데이터 트래픽의 처리 경로를 살펴보면 [그림 2]에서와 같이 PCell을 담당하는 eNB는 PCell을 통해 전송될 데이터 트래픽뿐만 아니라 SCell을 통해 전송될 데이터 트래픽까지도 PDCP/RLC 계층의 처리를 수행한다. 즉, PCell을 담당하는 eNB는 SCell을 담당하는 eNB의 MAC 계층과 연동하기 때문에 실시간 성이 보장되는 이상적인 백홀을 필요로 하는 것이다.

반면에, 이중 접속 기술은 두 가지 구조 (1A, 3C)가 존재하며 메인 기능을 담당하는 eNB를 Master eNB (MeNB)라고 부르고 상대적으로 적은 기능을 담당하는 eNB를 Secondary eNB (SeNB)라고 부른다. 데이터 트래픽의 처리 경로를 살펴보면 [그림 2]에서와 같이 1A 구조의 경우 자신의 eNB에서 전송될 데이터 트래픽을 각각 처리하는 구조이며, 3C 구조의 경우 MeNB는 자신의 eNB에서 전송될 데이터 트래픽뿐만 아니라 SeNB를 통해 전송될 데이터 트래픽까지도 PDCP 계층의 처리를 수행한다. 따라서, 이중 접속 기술은 주파수 집적 기술만큼 실시간 성이 보장되지 않아도 되기 때문에 이상적인 백홀 연결이 없어도 제공 가능한 것이다. (단, 백홀에서의 시간 지연 정도가 크면 성능 저하가 발생할 수 있다.)



[그림 2] 주파수 집적 기술과 이중 접속 기술 구조

LTE Release 12 표준 규격 정의를 위해 각 회사들이 제출한 기고문을 살펴보면 일반적으로 주파수 집적, 이중 접속 3C 구조, 이중 접속 1A 구조 순으로 높은 성능을 보인다. 그러나, eNB의 PDCP/RLC 처리 부하 분산 측면에서 보면, 이중 접속 1A 구조가 가장 유리한 구조이며 주파수 집적 구조가 가장 불리한 구조이다. 즉, 주파수 집적 기술의 성능이 가장 좋을 것을 기대하여 특정 eNB가 너무 많은 사용자에게 대해서 PCell을 담당하게 된다면, eNB의 하드웨어 제약으로 인해 성능 저하가 발생할 수 있다. 이런 경우에는 오히려 각각의 eNB로 트래픽 처리 부하가 분산되는 이중 접속 1A 구조가 더 높은 성능을 보일 수 있다.

지금까지 다수의 주파수를 사용하여 무선 전송 속도를 높일 수 있는 주파수 집적 기술과 이중 접속 기술에 대해서 살펴보았다. 일반적인 상황에서는 주파수 집적 기술의 성능이 더 높지만, 주파수 집적 기술을 제공하기 위해서는 이상적인 백홀 연결이 있어야 하며 특정 eNB를 PCell로 하는 사용자가 많은 경우 성능 저하가 발생할 수 있다는 단점이 있다. 반면에, 이중 접속 구조는 일반적으로는 주파수 집적 기술보다 성능이 낮지만, 이상적인 백홀 연결이 없어도 제공 가능하고 트래픽 처리 부하가 특정 eNB에 집중되지 않는다는 장점이 있다. 따라서, 운용 시나리오에 따른 각 구조의 장단점을 명확히 파악하여 상황에 맞는 최적의 방식을 선택함으로써 네트워크의 성능을 향상시킬 수 있을 것이다.