3GPP 소형셀 향상 표준화 기술 동향[1)]

백승권* · 장성철*

*한국전자통신연구원

3GPP Standardization Activity for Small Cell Enhancement

SeungKwon Baek* · SungCheol Chang*

*Electronics and Telecommunications Research Institute

E-mail : skback@etri.re.kr

요 약

최근 다양한 형태의 스마트 기기 출현과 대중적 보급으로 인해 고속 데이터 전송에 대한 수요가 나날이 증가하고 있다. 이런 요구사항을 수용하기 위해 셀룰러 사업자 및 이동통신 장비 제조업체는 많은 새로운 기술에 대한 연구를 진행하였으며 이에 대한 결과로 향후 셀룰러 네트워크에서 성능 및 커버리지 향상을 위해 소형셀 기술을 하나의 중요한 요소 기술로 고려하고 있다.

셀룰러 네트워크에서 소형셀 기술은 데이터 요구량이 많은 위치에 소형셀을 밀집 배치하고 매크로 기지국 및 소형셀 기지국의 밀접한 협력을 통해 무선 네트워크의 용량을 증가시키는 것을 의미한다. 따라서 본 논문에서는 매크로 셀과 소형 셀이 다층으로 배치된 셀룰러 이동통신 구조를 제시하고 다층셀간의 협력을 통해 성능을 향상시킬 수 있는 다양한 요소기술들에 대해서 기술한다. 또, 이들 요소기술들을 바탕으로 최근 3GPP에서 활발히 논의되고 있는 LTE 소형셀 향상 표준화 동향에 대해 기술한다.

ABSTRACT

Recently, the proliferation of new applications, e.g., mobile TV, Internet gaming, large file transfer, and the various of user terminals, e.g., smart phones and notebooks, has dramatically increased user traffic and network load. In order to meet this traffic growth, vendors and cellular operators are working on the development of new technologies and cellular standards. Within them, small cell deployment has been heralded as one of most promising way to increase both coverage and capacity of future cellular network. Small cell technology enables to improve capacity of cellular radio network by tight cooperation between small cell and macro cell in multi-tier network where small cells are densely deployed within macro cell coverage. In this paper, we describe the deployment scenarios for cooperation between macro cell and small cells and state-of-the-art technologies related to dense small cell deployment. Then, we also provide design principles and standardization trends for small cell enhancement in 3GPP.

키워드

Small Cell Enhancement, Dual Connectivity, HetNet, 3GPP

Ⅰ. 서 론

휴대 가능한 이동 단말 및 태블릿 PC의 광범위한 보급과 무선 인터넷 기술을 근간으로 하는 모바일 컴퓨팅의 급속한 확대는 무선 네트워크 용량의 획기적인 증대를 요구하게 됐다. 많은 연구[1][2]에서 2014년까지 모바일 사용자들이 월 평균 7GB의 트래픽을 소모할 것으로 예상하고 있으며 전세계 모바일 데이터 트래픽의 총량은 월 평균 2009년 대비 약 39배 늘어난 3.6 엑사바이트에 이를 것으로 예측된다. 이러한 폭발적인 트래픽 증가의 요구사항을 충족시키기 위해서 진화된 물리계층 기술을 적용 및 추가적인 스펙트럼을 할당하여 기존 셀룰러망을 업그레이드하는 것이 대표적인 해결책이지만 물리계층 기술은 이론적인 한계점에 다다르고 있으며 추가적인 스펙트럼의 할당을 통한 셀룰러망의 용량증대는 근본적인 해결책이 될 수 없다[3].

따라서 셀룰러망에서 폭발적으로 증가하는 사용자의 데이터 트래픽을 효율적으로 지원하는 방법은 셀의 크기를 줄여서 더 많은 소형 셀들을 촘촘히 설치하거나 다층구조의 셀룰러망을 이용

1) 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [14-000-04-001, 초연결 스마트 모바일 서비스를 위한 5G 이동통신 핵심기술개발]

하여 서비스를 제공하는 방법이 현실적인 대안으로 고려될 수 있다.

본 논문에서는 매크로 셀 기반의 셀룰러 망에 소형셀을 다층으로 밀집 배치하고 매크로 기지국 및 소형셀 기지국의 밀접한 협력을 통해 무선 네트워크의 용량을 증가시키기 위해 3GPP에서 논의중인 소형셀 향상 기술의 표준화 동향에 대해서 기술한다.

II. 소형셀 향상을 위한 요구사항

3GPP에서는 2012년 6월 Rel-12 및 이후에서 다룰 기술적 이슈들에 대한 워크샵을 수행하였으며, 빠르게 증가하는 데이트 트래픽 수요를 효율적으로 수용하기 위해서 LTE-Advanced 이후의 이동통신망에서 요구되는 기술적 이슈들에 대해서 논의하였다. 이 워크샵에서는 Local area enhancement, New carrier type, Beam-forming enhancement, Machine-type communication enhancement, 그리고 이동단말간의 direct communication등에 대한 도입을 요구하였으며, 특히 소형셀을 이용한 Local area enhancement와 관련하여 대다수의 회사들이 도입의 필요성을 언급하였다.

위와 같은 요구사항을 기반으로 3GPP RAN에서는 E-UTRA 및 E-UTRAN에서 소형셀 향상을 위한 시나리오 및 요구사항에 대한 논의를 수행하였으며 2012년 12월 RAN회의에서 소형셀 향상을 위한 물리계층 및 상위계층 Study Item (SI)을 승인하였다[4].

소형셀 향상을 위한 시나리오는 소형셀의 배치, 스펙트럼, 트래픽, 그리고 이전 규격과의 호환성과 연관하여 고려해 볼 수 있다. 소형셀의 배치와 관련한 고려사항은 소형셀과 매크로 셀 영역과의 중첩여부, 소형셀의 설치위치 (실외,실내), 백홀의 형태(Ideal, Non-ideal), 소형셀의 설치밀도(Sparse/Dense), 셀간의 동기 등을 고려해야 한다. 스펙트럼과 관련한 고려사항은 매크로 셀과 소형셀이 동일한 주파수를 이용하는 방식 및 서로 다른 주파수를 이용하는 방식을 고려해야 하며 트래픽과 관련한 고려사항은 소형셀에 접속하는 사용자의 수가 제한적이고 트래픽의 분포가 비대칭적일 수 있으므로 이에 대한 고려가 필요하다. 이전 규격과의 호환성과 Backward compatibility와 관련한 고려사항은 기존 Rel-10/11 이동단말이 소형셀에 접속 가능해야 함을 의미한다.

III. 소형셀 향상을 위한 요소기술 및 표준화 동향

3GPP Rel-12에서는 소형셀 향상을 위한 시나리오, 시뮬레이션등의 평가를 위해 다음과 같은 배치 시나리오를 정의하였다.

- 소형셀 시나리오 1:
  매크로셀이 overlaid 된 구조, 매크로셀과 소형셀들이 동일한 주파수를 사용, 소형셀들이 실외에 위치

- 소형셀 시나리오 2a/2b:
  매크로셀이 overlaid 된 구조, 매크로셀과 소형셀들이 다른 주파수를 사용, Scenario 2a는 소형셀들이 실외에 위치, Scenario 2b는 소형셀들이 실내에 위치

- 소형셀 시나리오 3:
  매크로셀커버리지가없음,소형셀들이실내에위치

위 모든 시나리오에서 소형셀들은 클러스터를 이루고 클러스터에 들어 있는 소형셀의 밀도가 Rel-10/Rel-11 eICIC/CoMP의 경우에 비해 매우 높고 동일 클러스터 내의 소형셀들 간, 클러스터와 매크로 eNB간의 인터페이스는 이상적 (ideal)/비이상적 (non-ideal) 백홀 (backhaul)을 가정하고 이외 다른 인터페이스는 모두 비이상적 백홀을 가정한다.

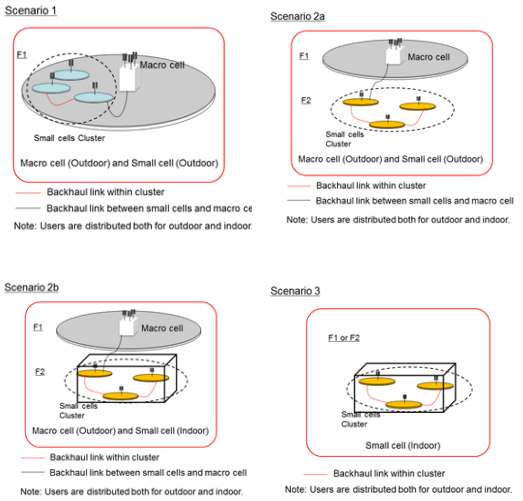

그림 1. 소형셀 시나리오

III-1 · 물리계층 요소기술 및 표준화 동향

3GPP RAN2에서는 2012년 12월에 승인된 TR(Technical Report) 36.932[4]에 기술되어 있는 소형셀 시나리오와 요구사항을 기반으로 물리계층에서 필요한 후보 기술들을 확인하고 선정된 소형셀 향상 요소기술들에 대한 규격화를 진행하고 있다[5].

소형셀 향상을 위해서 물리계층에서는 다음과 같이 소형셀의 256QAM 지원, 소형셀의 ON/OFF 및 셀 디스커버리, 무선 인터페이스 기반의 동기화, 그리고 상위계층 소형셀 향상기술 지원을 위한 물리계층 기술에 대해서 논의를 진행하고 있다.

• 256QAM 지원:
소형셀 배치환경은 대체로 단말이 안테나에 근접 위치하는 경우가 많아 SINR이 높은 무선환경이 상대적으로 흔하게 발생하므로 256 QAM과 같은 고차원 변조방식을 도입할 수 있다. 소형셀에서 256QAM지원과 관련하여 CQI/MCS/TBS 테이블의 작성 및 256QAM을 지원하는 이동단말의 category 도입이 필요하다.

• 소형셀의 ON/OFF 및 셀 디스커버리:
소형셀 ON/OFF 상태 도입으로 네트워크는 셀 운영에 소모되는 에너지를 절약하고 불필요한 간섭을 없애 성능향상도 얻을 수 있다. 기지국과 연결된 단말이 셀 내에 존재하지 않는 소형셀은 셀을 OFF 시킬 수 있다. 반면 서빙할 단말이 주변에 존재하는 경우에만 셀을 ON 상태로 유지하기 위해 OFF 상태의 셀을 ON 상태로 전환하기 위한 과정이 필요하다. 소형셀의 ON/OFF 전환에 걸리는 시간에 따라 long-term, semi-static, dynamic 등으로 셀 ON/OFF 방식을 구분한다. OFF 된 소형셀들 주변에 단말이 위치하게 되면 OFF 상태의 소형셀들 중에서 단말을 서빙하기에 적합한 셀을 찾아내고 ON 상태로 전환할 필요가 있다. 소형셀 디스커버리 신호의 후보로써 PSS/SSS, CRS 를 사용하는 방식을 기본으로 CSI-RS을 사용하는 방식이 가능하다.

• 무선 인터페이스 기반의 동기화:
셀간 간섭제어, 소형셀 디스커버리, 이중연결성 지원 등을 효율적으로 적용하기 위해 셀간 시간 및 주파수 동기화가 필요하며 이를 위해서 GPS 혹은 IEEE 1588을 고려해 볼 수 있다. 그런데, 소형셀들은 실내에 존재하는 경우가 흔하기 때문에 GPS를 사용하여 동기화하지 못하고, IEEE 1588 방식의 동기화는 백홀 상태에 따라 동기화 정확도가 떨어지는 단점이 있다. 따라서 3GPP에서는 무선 인터페이스 기반의 동기화 방식을 연구하였으며, 네트워크 수신을 통한 동기화 및 단말 지원 기반의 동기화를 고려하고 있다.

• 상위계층 이중연결 지원을 위한 물리계층 기술:
이중연결성 (DC: Dual Connectivity)를 효율적으로 지원하기 위해서 물리계층의 변경이 불가피하다. 이중연결성은 비이상적인 백홀로 연결된 마스터 eNB (MeNB: Master eNB)와 보조 eNB (SeNB: Secondary eNB) 에 단말이 모두 무선 연결을 갖는 상태를 의미한다. 따라서 MeNB와 SeNB 사이에 시그널링 지연에 의해 즉각적인 협력이 어렵기 때문에, ACK/NACK 피드백, CSI 보고 등의 UCI (Uplink Control Information) 는 각 eNB 별로 해당 정보가 분리되어 독립적으로 전송되어야 한다. 상향링크 채널과 신호의 설정은 MeNB와 SeNB가 각각 독립적으로 설정하도록 해야 한다. 또, 단말의 SR (Scheduling Request) 전송, 상향링크 타이밍 획득을 위한 랜덤 액세스 (random access) 프리엠블 전송, 시스템 정보 획득, 페이징 수신 등도 비이상적 백홀의 연결성을 고려하여 MeNB와 SeNB 사이에 독립적인 동작이 수행될 필요가 있다. 이와 더불어 이중연결에서는 효율적인 전력제어를 위해 각 eNB가 서로 다른 eNB의 전력제어상황을 알 수 있도록, 추가적인 제어정보를 단말이 각 eNB에 전달할 필요가 있다.

III-2 · 상위계층 요소기술 및 표준화 동향

3GPP RAN2에서는 2013년 1월부터 TR 36.932에서 정의된 시나리오와 요구사항을 만족하기 위해 매크로 및 소형셀 환경에서 이중연결 지원에 따른 성능 이득 및 이중연결을 위한 프로토콜 구조에 대한 표준화를 수행하고 있다[6].

TR 36.932에서 제시한 소형셀 시나리오에 따라 상위계층에서 고려해 볼 수 있는 기술적 이슈는 다음과 같이 Mobility robustness, UL/DL power imbalance, Signaling load, Throughput improvement, 그리고 Network planning/ configuration 등이다.

• Mobility Robustness
Mobility robustness는 매크로 셀과 서비스 범위가 작은 소형셀들이 다층구조로 고밀집 배치된 셀룰러 네트워크 환경에서 이동단말의 이동성에 따른 RLF (Radio Link Failure) 및 HOF (Handover Failure)를 최소화할 수 있는 이동성관리 구조를 의미한다.

• UL/DL Power Imbalance
UL/DL power imbalance는 이동단말이 접속해야 할 최적의 상향링크 셀 및 하향링크 셀이 다른 상태를 의미한다. 이는 매크로 셀과 소형셀들이 다층구조로 배치된 환경에서 매크로 셀 기지국의 송신전력 및 소형셀 기지국의 송신전력의 차이로 인해 발생한다.

• Signalling Load
Signaling load는 소형셀들이 고밀집하게 배치된 환경에서 이동단말의 잦은 핸드오버에 따른 Core Net-work(CN)에 대한 Signaling 부하 및 백홀 트래픽 증가를 의미하며 이를 최소화할 수 있는 구조 및 절차를 고려해야 한다.

• Throughput enhancement
Throughput improvement는 매크로 셀들과 소형셀들이 비이상적인 백홀로 연결되어 있는 네트워크 구조에서 각각의 eNB가 관리하는 셀들간의 무선자원을 이용하여 트래픽의 QoS (Quality of Service)요구사항을 보장하면서 성능을 향상시키는 방법을 의미한다.

• Network planning/configuration

Network planning/configuration은 통신 사업자들이 셀룰러 네트워크의 성능향상 및 Coverage향상을 목적으로 소형셀들을 설치할 경우 설치/유지보수 비용을 최소화하고 유연하게 유지 보수할 방법을 의미한다.

특히 위에서 제시한 기술적인 이슈들 중에서 throughput enhancement를 위한 이중연결성을 3GPP Rel-12의 핵심요소 기술로 정의하고 이에 대한 표준화를 진행하고 있다. 이중연결성은 그림 2와 같이 하나의 이동단말이 비이상적인 백홀로 연결된 2개 이상의 서로 다른 네트워크 접속점에서 제공하는 무선자원을 이용하여 서비스를 받는 것을 의미한다. 이 시나리오에서 하나의 이동단말을 위해 이중연결성을 제공하는 각각의 eNB는 서로 다른 기능을 수행할 수 있다.

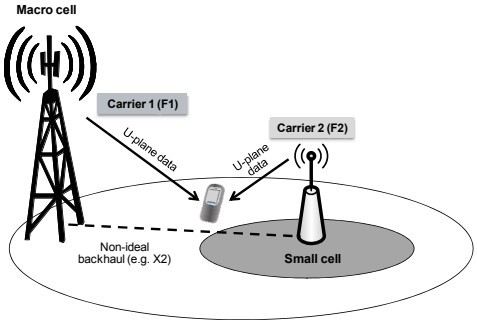

그림 2. 이중연결 구조

이중연결성을 지원하기 위한 프로토콜 구조는 사용자 평면 프로토콜 구조와 제어평면 프로토콜 구조로 나누어 볼 수 있다.

사용자평면 프로토콜은 S1-U의 종단방식 및 베어러의 분할여부에 따라 다음의 두 가지 형태로 정의되었으며 각각의 구조에 따른 규격화 작업을 진행하고 있다. 사용자평면 구조 (1A)는 S1-U가 SeNB에서 종단하며 베어러 분할을 지원하지 않는 구조이며, 사용자평면 구조 (3C)는 S1-U가 MeNB에서 종단하며 베어러 분할을 지원하를 프로토콜 구조이다.

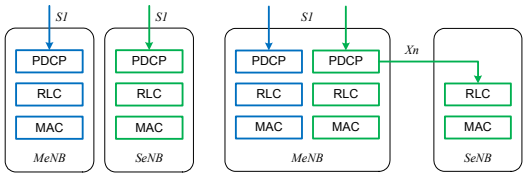

그림 3. 사용자평면 프로토콜 구조(L:1A,R:3C)

제어평면 프로토콜의 구조와 관련해서는 소형셀 계층의 common radio resource설정, dedicated radio resource설정, 그리고 소형셀 계층의 measurement/mobility 제어를 고려해야 한다. 이를 위해서 3GPP RAN2에서는 그림 4와 같이 E-UTRAN의 제어평면 기능을 수행하는 RRC 프로토콜이 MeNB에만 위치하고 RRM은 MeNB와 SeNB가 독립적으로 동작하는 구조의 제어평면 프로토콜 구조를 정의하였다.

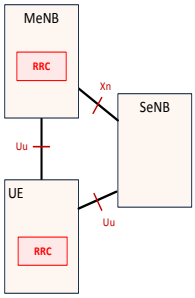

그림 4. 제어평면 프로토콜 구조

Ⅳ. 결론

본 논문에서는 3GPP Rel-12 소형셀 향상에서 표준화 동향 및 이를 위한 요소 기술들에 대해 기술하였다. 3GPP 소형셀 향상에서는 고밀도 소형셀 배치에 초점을 두고 효율적 이동성 관리, 주파수 이용효율 증대 등을 위해 소형셀 ON/OFF, 매크로 셀과 소형셀에 대한 단말의 이중연결성 제공, 단말 인접 소형셀의 디스커버리, 셀간 간섭제어, 셀간 동기화, 소형셀 채널환경을 고려한 고차 변조 사용 등에 대한 연구 및 표준 규격 제정을 진행하고 있다. 향후 일정으로 2014년 12월까지 소형셀 향상을 위한 핵심요소 기술에 대한 세부적인 규격작업을 마무리 할 것으로 예측된다.

참고문헌

[1] Cisco visual networking index: Global mobile data traffic forecast update, 2009-2014, Feb.ruary 2010.

[2] T. Kaneshige. AT&T iPhone users irate at idea of usage based pricing, December 2009. http://www.pcworld.com/article/184589/

[3] 정송, 이융, 한승재, 이진성, 윤동규, 심세민, 초소형셀 자율무선네트워크 기술, 한국통신학회지, 2011.

[4] 3GPP TSG RAN TR 36.932 v12.1.0 “Scenarios and Requirements for Small Cell Enhancements”, March 2013.

[5] 3GPP TSG RAN TR 36.872 v1.0.1, “Small Cell Enhancements for E-UTRA and E-UTRAN - Physical Layer Aspects”, Dec. 2013.

[6] 3GPP TSG RAN TR 36.842 v0.2.0, “Study on Small Cell Enhancements for E-UTRA and E-UTRAN - Higher-layer Aspects”, Dec. 2013.