

# SON 및 펌토셀 기술동향

The Technical Trends of SON and Femtocell

김준식 (J.S. Kim) 차세대기지기국연구팀 책임연구원  
조경탁 (K.T. Cho) 차세대기지기국연구팀 연구원  
유병한 (B.H. Ryu) 차세대기지기국연구팀 팀장  
박남훈 (N.H. Park) 차세대이동통신연구부 부장

\* 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음[KI002129, LTE-Advanced 시스템을 위한 SON 및 Femtocell 기술 개발].

스마트폰 사용이 활성화되면서 모바일 데이터 사용량이 급증하고 WiFi뿐만 아니라 펌토셀을 포함한 소형셀(small cell) 인프라가 각광을 받고 있다. 이에 따라, 가정 또는 사무실과 같은 실내에서 음영 지역을 해소하고 한정된 주파수 자원을 효율적으로 사용하여 대용량 데이터 전송 서비스를 가능하게 하는 초소형 기지기국 연구에 대한 요구가 많아지고 있다. 또한, 이동통신 기지기국의 신규 설치 시 기지기국 자체적으로 또는 인접한 기지기국 간의 자동 협업을 통하여 기지기국 간 간섭을 최소화하고 기지기국의 용량을 증대시켜서 셀 커버리지를 최적화하는 기술에 대한 연구가 필요하게 되었다. 이를 위한 방안으로 셀 반경을 극도로 줄여 닥내 또는 소규모 비즈니스 환경에 알맞은 무선 환경을 제공하려고 하는 펌토셀 서비스는 보다 나은 무선 환경을 필요로 하는 사용자 요구에 적극 대응하고, 사업자의 사업 기회를 확대하며, 서비스의 질적 양적 개선 측면에 있어서 가장 중요하게 고려해야 할 기술이다. 본고에서는 SON(Self Organizing Networks) 및 펌토셀 관련 주요 기술적 이슈를 정리하고 현재 진행되고 있는 기술동향에 대하여 살펴 보고자 한다.

## 차세대통신기술 특집

- I. 서론
- II. SON 요소기술
- III. 펌토셀 요소기술
- IV. 기술동향
- V. 결론

## 1. 서론

LTE-Advanced는 최대 100MHz 대역에서 하향링크 1Gbps, 상향링크 500Mbps의 데이터 전송속도를 지원하는 무선통신 기술이다. LTE-Advanced 표준은 2007년 7월 물리계층 논의로 시작하여 기존 LTE보다 무선 전송속도를 높이고, 단위비용을 낮추고, 셀 커버리지 및 용량 확대를 비롯한 근거리 접속 기술을 강화하는 한편, 상향링크 접속 방식, 셀 경계에서의 간섭 제어 및 MBMS 제어 기술 등 기존 LTE Rel. 8의 성능을 개선하는 것을 목표로 하고 있다.

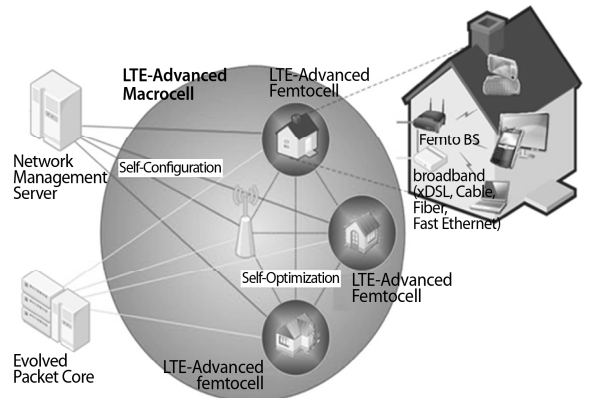
특히, 매크로셀(macrocell) 위주로 구성된 단일망(homogeneous network)상에서 취약했던 옥내 단말의 무선 통신의 용량을 개선시킴으로써 전체 셀 용량을 증대시키는 효과를 얻기 위해 3GPP에서는 이종망(heterogeneous network)을 study item으로 정하여 기술 논의를 하고 있다. 이종망은 여러 종류의 셀들이 혼재되어 운영되는 네트워크이다. 증가하는 데이터 서비스에 대한 요구를 종래 매크로셀 혹은 마이크로셀(microcell)의 셀 분할 기술만으로는 충족시키기가 어렵기 때문에, 저출력의 피코셀(picocell), 펌토셀(femtocell), 무선중계기들을 이용하여 실내외의 소규모 영역을 서비스하도록 이종망을 구성하면 저비용으로 용량 증대가 가능하다. 소형 셀들의 용도가 한정된 것은 아니나, 보통 피코셀은 데이터 서비스 요구가 많은 hotzone에, 펌토셀은 실내 사무실이나 가정, 무선중계기는 매크로셀의 커버리지를 보완하는 용도로 운영할 수 있다[1].

셀 반경을 가정 내 또는 사무실의 최소화한 환경 하에서 셀을 추가 설치할 때 소요 시간의 단축 및 운용에 따른 비용을 절감하여 사업자의 CAPEX/OPEX를 감소시키며, 사용자 서비스의 질적 개선을 위한 무선 환경을 제공하는 펌토셀은 반경 10~20m정도의 작은 규모의 셀을 의미 한다. 기존의 이동통신 기지국 개념인 매크로셀이나 유선망을 확장시킨 WiFi 무선랜 영역과는 차별화되는 개념이다. 펌토셀 기지국은 가정이나 사무

실 등 실내에 설치되는데 기존 네트워크와의 융합 형태를 통해 이동성과 대용량 전송을 보장하고, 이동통신 서비스 영역 확대와 사용자 서비스의 성능 향상 및 기지국의 용량 증대를 지원하면서 사용자에게 저렴하고 다양한 이동통신 서비스를 제공한다[2].

3GPP에서는 LTE-Advanced 시스템상에서 이러한 펌토셀을 지원하는 초소형 기지국을 HeNB라고 명명하여 표준화 및 기술 개발을 진행하고 있으며, “3GPP UE가 EUTRAN을 무선 인터페이스로 이용하고, 광대역 IP backhaul을 통하여 이동통신 사업자 망에 접속하는 형태를 가지는 것을 특징으로 하는 사용자 소유의 기지국 장치”로 정의하고 있다[3].

HeNB의 중요한 특성은 설치 후 구성이 완료되기 전까지는 무선 신호를 송출할 수 없고, HeNB 설치 후, 주변에 심각한 스펙트럼 간섭이 발생한다고 생각된다면, 그 HeNB는 서비스가 중단될 수 있다. HeNB 신규 설치로 인하여 사업자의 망이 재구성되어서는 안 되고, HeNB 사용자는 경험적인 면에서 기존의 기지국 사용과 별다른 차이를 못 느껴야 한다. HeNB를 사용함으로써 추가되는 등록절차나 페이징 부담은 최소화되어야 하며, HeNB의 사용으로 인하여 기존 기지국의 성능, 범위 및 용량 면에서 영향이 없어야 한다. 또한, HeNB는 허가된 사용자 그룹에게만 망 진입을 허용할 수 있는 개념인 폐쇄 가입자 그룹인 CSG 개념을 제공한다[4].



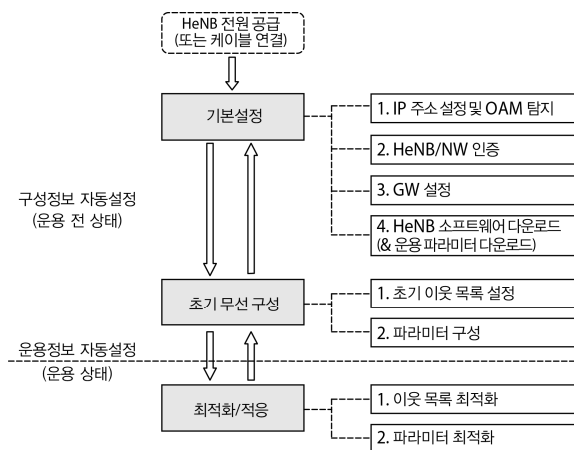
(그림 1) LTE-Advanced 시스템을 위한 SON 및 Femtocell 기술 개념 모델

LTE-Advanced 시스템을 위한 SON 및 펌토셀 기술 개념 모델은 (그림 1)과 같으며, 세부적으로 SON 요소 기술은 기지국 구성정보 자동설정(self-configuration) 기술과 기지국 운용정보 자동설정(self-optimization) 기술로 구성되고, 펌토셀 요소기술은 효율적인 이동성 제어(mobility control) 기술, 인터페이스 기술 및 펌토셀 간섭 제어 기술 등으로 구성할 수 있다.

## II. SON 요소기술

펌토셀 기지국은 서비스 운영자에 의해 지정된 최적의 위치에 설치되는 것이 아니라, 사전에 셀 설계 등을 수행하지 않고 사용자가 설치함으로 해당 기지국 스스로가 자체적으로 환경을 감지하고 정보를 수집하여 최적화를 수행하여야 한다. 따라서 SON 기술은 펌토셀과 같은 기지국을 옥내 및 옥외에 설치할 때 기지국 스스로 망에 접속 및 기본 설정을 하고, 주변 무선 환경에 따라 적절히 셀 최적화 및 운용을 수행할 수 있는 기능을 제공하여야 한다.

이를 위해 SON 요소기술은 (그림 2)에서와 같이 구성정보 자동설정 기능과 운용정보 자동설정 기능으로 구성된다. 구성정보 자동설정 기능은 기지국에 전원을



(그림 2) 구성정보 자동설정과 운용정보 자동설정 기능

넣고 RF 송신 준비 상태까지 완성하기 위한 기지국 초기화 과정 및 자동 설치 프로그램에 의해 시스템 동작에 필요한 기본 정보를 설정하는 과정 등을 수행한다 [5]. 운용정보 자동설정 기능은 내부적으로 basic 자동설정 기능과 radio 자동설정으로 구성할 수 있으며, 기지국과 단말기의 성능 측정 기능을 이용하여 네트워크를 자동적으로 최적화함으로써 환경에 적응하는 과정을 수행한다. 세부적으로 기지국 구성정보 자동설정 기능은 새로운 기지국 추가 시 새로운 기지국의 기본정보 구성 및 인터페이스 자동설정 기능, 주변 셀 정보의 효율적 관리를 위한 OAM 연동 및 물리계층 식별자(PCI) 설정 기능을 수행하고, 기지국 운용정보 자동설정 기능은 서비스 영역과 성능 최적화를 위한 기지국 운용정보 자동설정 기능, 효율적 핸드오버 수행을 위한 핸드오버 파라미터 정보의 자동 조정 기능, RACH 및 ES 자동 최적화 기능을 수행한다.

### 1. 구성정보 자동설정

구성정보 자동설정 프로세스는 HeNB의 전원이 켜졌을 때 시스템이 동작하도록 자동으로 구성하고 기존의 시스템과 연동하기 위하여 이루어지는 일련의 과정으로 네트워크 인터페이스의 설정, 생성되는 셀에 대한 물리계층 식별자 자동 부여, 이웃 셀들과 관계를 맺기 위한 정보 교환 기능 등을 수행한다[5],[6].

네트워크 인터페이스 설정은 단말의 이동성 관리 및 접근 제어, 인증 등의 기능을 담당하는 MME와 연결하는 S1 인터페이스와 기존의 다른 eNB 및 HeNB와의 직접적인 통신을 위한 X2 인터페이스를 연결함으로써 이루어진다. HeNB와 (H)eNB 간 X2 인터페이스는 필요할 경우에만 설정된다. S1 인터페이스는 HeNB와 EPC의 MME 간 S1-MME 인터페이스 및 HeNB와 S-GW 간 S1-U 인터페이스가 있으며 HeNB와 MME/S-GW 간 다중접속을 지원한다. HeNB는 HeNB와 MME/S-GW 사이에서 메시지 중재 역할을 하는 하나의 HeNB

GW에 연결될 수 있으며, HeNB GW는 MME에게는 HeNB로 인식되고, 또한 HeNB GW는 HeNB에게는 MME로 인식된다.

EPC와의 인터페이스 외에도 HeNB는 초기 전원이 켜졌을 때 OAM 또는 OAM 기능을 하는 수행하는 HeMS와 연결 설정을 함으로써 HeNB에 필요한 무선 구성 데이터와 전송 구성 데이터를 획득하여 자동적으로 구성하여야 한다. 이를 지원하기 위하여 자신의 제품 목록 정보를 HeMS에게 제공하고 인증 과정을 거친 다음 필요한 소프트웨어 및 운용 파라미터들을 다운로드 받아야 한다. 또한, 자신의 IP 주소뿐만 아니라 다른 (H)eNB 및 MME의 IP 주소를 획득하고 X2/S1 인터페이스 연결 설정이 이루어져야 한다. X2 인터페이스는 현재 같은 CSG 상에 존재해서 핸드오버 시 별도의 가입자 접근제어가 필요 없는 HeNB 사이에만 연결 설정을 가정하는 것으로 표준이 진행되고 있다.

새로 설치되는 HeNB에 대한 셀의 물리계층 식별자는 자신의 셀 영역 안에서 유일하여야 하고, 주변 이웃 셀들이 동일한 물리적인 아이디를 사용하지 않아야 하는 두 가지 요구사항을 만족하도록 자동적으로 할당되어야 한다. PCI 자동 할당을 위한 PCI 할당 프레임워크에는 분산적인 방법과 중앙 집중적인 방법이 있으며 이 두 방법을 모두 지원해야 한다[7],[8].

이웃 셀들과 관계를 맺기 위한 정보 교환 기능인 ANR 기능은 HeNB에 존재하며, 개념적인 NRT를 관리하는데, 이웃 감지 기능(neighbor detection function)을 통하여 새로운 셀을 찾을 경우 NRT에 추가하고 이웃 제거 기능(neighbor removal function)을 통하여 이웃 관계가 없어진 셀이 존재할 경우 NRT에서 제거하는 기능을 수행한다. 또한, OAM으로부터 초기 주변 셀 정보를 설정하고 운용 중에 NR을 추가, 갱신할 뿐만 아니라 HeNB가 변경된 NR을 보고할 수 있도록 (H)eNB와 OAM 간에 상호 연동되어 기능을 수행한다. 구성정보 자동설정의 기능 구성은 다음과 같다.

- IP 주소 할당 및 인터페이스 자동설정 기능

- 초기 구성정보 획득 기능
- PCI 설정 기능
- 주변 셀 정보 수집 및 관리 기능

## 2. 운용정보 자동설정

### 가. Basic 자동설정

운용정보 자동설정 기능 중 하나인 basic 자동설정 기능은 여러 가지 use case를 가지고 있지만 주요 기능은 서비스 커버리지 확대 및 용량 최적화 기술인 COO 기능과 RO 기능으로 구성된다[9].

최적화된 커버리지 제공 측면에서 커버리지는 연속적이어야 하고 사용자가 셀 경계를 몰라도 되며, 휴지(idle) 및 활성(active) 모드에서 상향링크/하향링크가 제공되어야 한다. 최적화된 용량 제공 측면에서는 커버리지 최적화가 용량 최적화보다 우선 순위가 높지만, 커버리지 최적화 알고리즘 적용 시 용량에서의 영향을 고려하여야 하며, 커버리지와 용량은 서로 연관되어 있어서 둘 간의 상호관계도 고려되어야 한다.

### 나. Radio 자동설정

운용정보 자동설정 기능 중 하나인 radio 자동설정 기능은 핸드오버 파라미터 정보 자동 조정 기술인 MRO 기능과 에너지를 효율적으로 관리하는 기술인 ES 기능으로 구성된다[9].

MRO를 위해 필요한 기능은 너무 늦은 핸드오버 검출/너무 이른 핸드오버 검출/잘못된 셀로의 핸드오버 검출/불필요한 핸드오버로 인한 망 자원의 비효율적 사용 감소/셀 재선택 파라미터의 최적화 등이 있다.

이동통신망에서 ES를 위한 최적화는 우선 전체 이동통신 장비의 개수를 요구되는 커버리지, 용량, QoS를 유지하면서 최적화하는 것이 바람직하다. 그 다음으로, 개별 이동통신 장비들에서 소모되는 에너지를 최소화하고 효율적으로 사용하는 방안을 강구해야 한다. 특히 커버리지, 용량 및 QoS 등과 관련된 가능한 범위는 사업자의 정책에 따라 결정된다.

### III. 펌토셀 요소기술

HeNB는 기존 매크로셀과는 다른 기능과 구조를 가지고 있기 때문에 기존의 절차와 방법만으로 핸드오버를 포함한 운영에 문제가 발생할 수 있고, 이외에도 다소 복잡한 이슈를 안고 있다. 펌토셀 요소기술 측면에서 HeNB의 몇 가지 특징을 간단히 기술하면 다음과 같다.

- HeNB는 개방형(open), 폐쇄형(closed), 혼합형(hybrid)의 세 가지 사용자 접근 모드를 지원한다.
- HeNB 간 X2 연결은 현재 표준에서는 같은 GW 내에서 CSG 간 핸드오버 발생 시에만 제한적으로 사용된다.
- HeNB는 MME에 직접 연결되거나, HeNB GW를 통해 MME에 연결된다. HeNB GW가 있는 경우, HeNB와 HeNB GW는 S1-MME 인터페이스를 갖는다.
- HeNB 셀의 PCI는 인접 셀 간 중복되지 않게 할당하는 것이 원칙이나 이것이 불가능할 수 있다. 도심 지역에서 많은 HeNB는 좁은 지역에 설치될 수 있고 이 경우 동일 PCI가 여러 HeNB에 중복 할당될 수도 있다.
- HeNB 개수는 매크로셀에 비해 매우 많으므로, MME가 모든 HeNB의 형상정보를 가지고 관리한다는 것은 불가능하다. 또한 HeNB는 사용자 장치로서 태내에 위치하고 있으므로 펌토셀 소유자의 기호에 따라 항상 turn on과 turn off 될 수 있다.

개방형 접근 모드(open access mode)는 CSG의 가입여부와 상관 없이 모든 가입자들에게 서비스를 허용하는 모드로서 HeNB 개념이 없을 때 매크로셀 기지국인 eNB의 동작 모드와 같다. 폐쇄형 사용자 접근 모드(closed access mode)는 CSG 멤버에게만 오로지 서비스를 제공하는 모드로서 이러한 모드를 제공하는 셀을 CSG 셀이라고 한다. 혼합형 사용자 접근 모드(hybrid

access mode)는 CSG 멤버에게는 폐쇄형으로 동작하고 CSG 비멤버에게는 개방형으로 동작하는 모드로서 두 가지 모드를 합쳐놓은 개념이다. 두 가지 모드 사용자가 동시에 접속되어 있을 시는 CSG 멤버에게 우선적인 서비스를 제공한다[4].

펌토셀 요소기술은 기존의 기지국 기술과 차별화되는 휴지 모드 이동성 제어(idle mode mobility control), 활성 모드 이동성 제어(active mode mobility control), 펌토셀 인터페이스, 간섭 제어 등의 4개의 세부 기술들로 나누어 볼 수 있다[10].

#### 1. 이동성 제어

##### 가. 휴지 모드 제어

UE가 세션을 설정하지 않은 상태에서 이동하며 셀을 선택하거나 바꾸는 기능인 이른바 셀 선택/재선택에 대한 요소기술이다.

셀 선택은 초기 아무런 사전 정보 없이 셀 선택을 수행하는 상태와 이전에 저장된 사전 정보를 이용하는 상태로 나뉘어 진다. 셀 선택에 의하여 적합한 셀이 나타나면, 그 셀에 진입하게 된다. 반면 적합한 셀이 나타나지 않으면 서비스는 불가능하지만, 긴급 호 시도와 셀에 진입만 허용하는 상태에 머무른다. 두 가지 상태 모두 이후 UE는 계속적인 셀 평가 절차를 수행하여 이보다 더 적합한 셀이 있으면 그 셀로의 재선택을 수행하게 된다[11].

##### 나. 활성 모드 제어

UE 세션을 설정한 상태에서 이동하며 셀을 바꾸는 기능인 핸드오버에 대한 요소기술이다. 펌토셀과 매크로셀이 같은 지역에 중첩 설치된 환경을 고려할 때, 셀의 규모적인 측면에서 매크로셀에서 펌토셀로의 핸드오버와 펌토셀에서 펌토셀로의 핸드오버의 2가지 경우가 존재할 수 있으며, 셀의 형태적인 측면에서 CSG 셀로의 핸드오버와 혼합셀로의 핸드오버 등이 존재 할 수

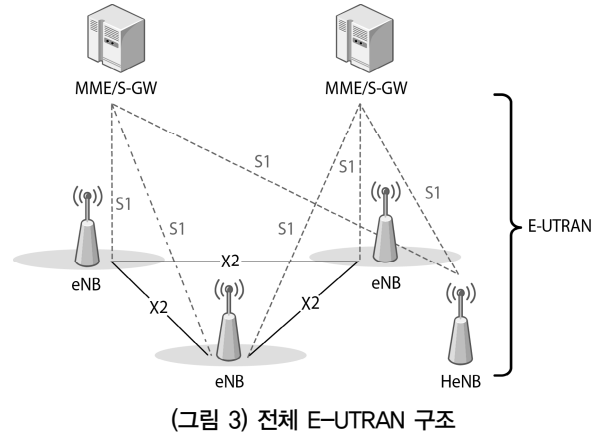
있다. 가입자 접근 제어 관련해서는 핸드오버 지연 시간의 개선을 위하여 유희 상태와는 다른 차원의 기술들을 필요로 하고 있다. 또한 소스 셀에서 타깃 셀로 핸드오버 제어 메시지인 S1 메시지를 MME에서 어떻게 라우팅할 것인가에 대한 기법들도 주요 이슈로 포함되고 있다[5].

Inbound 핸드오버는 매크로셀에서 펌토셀로 핸드오버를 말하고, 펌토셀의 형태에 따라 CSG 셀로의 inbound 핸드오버와 혼합 셀로의 inbound 핸드오버가 있다. Outbound 핸드오버는 펌토셀에서 매크로셀로 핸드오버를 말한다. 매크로셀은 펌토셀과 달리 개방형 접속 모드로 동작하고 PCI 중복 할당이 없다. 따라서 가입자 접속제어나 타깃 셀 식별과 같은 기능이 불필요하며, 기존 매크로 간 핸드오버 절차와 방법을 따르면 된다.

HeNB 간 핸드오버는 펌토셀 간 핸드오버를 말한다. 펌토셀 간 핸드오버에서 타깃 셀이 CSG 셀 또는 혼합 셀일 수 있다. 현재 펌토셀 식별자인 PCI 할당 알고리즘이 명확하지 않은 상태이므로, 주변에 같은 PCI를 가지는 펌토셀 존재에 따른 혼동이 발생(PCI confusion)할 수 있는 환경이다[10],[12].

## 2. 펌토셀 인터페이스

HeNB는 MME에 직접 연결되거나, HeNB GW를 통해 MME에 연결된다. HeNB GW가 있는 경우, HeNB와 HeNB GW는 S1-MME 인터페이스를 갖는다. HeNB 간 X2 연결은 현재 표준에서는 지원하지 않지만, 기업형 모델을 기반으로 검토되어지고 있으며, 네트워크가 복잡해지는 단점에도 불구하고 핸드오버 최적화 및 간섭 제어를 위한 필요성으로 향후 표준화 진행 상황에 따라 선택적으로 지원할 수도 있다. (그림 3)은 기존의 기지국과 HeNB 간의 인터페이스를 도시하고 있다[5].

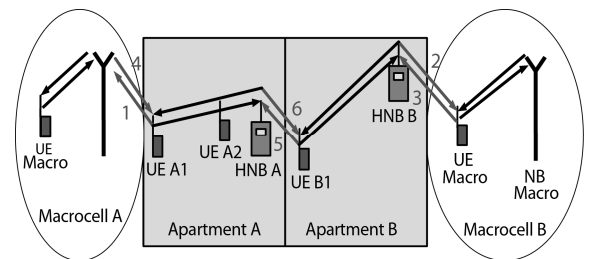


(그림 3) 전체 E-UTRAN 구조

## 3. 간섭 제어

매크로셀과 펌토셀이 공존하는 환경에서 발생할 수 있는 간섭은 채널 사용 방식, 링크 방향, 펌토셀의 위치, 접속 방식에 따라 다르며, 채널 사용 방식은 공용 채널, 부분 공용 채널, 그리고 전용 채널로 분류된다[13].

간섭 발생에 중요한 영향을 미치는 요인을 간섭 환경 인자로 정의할 때, 매크로셀과 펌토셀이 공존하는 환경에서 어떤 식으로 이러한 인자들이 적용되느냐에 따라 발생하는 간섭의 종류가 달라진다. 따라서 각 간섭의 종류에 따라 적절한 간섭 완화 및 회피 기법을 적용하기 위해서는 발생 가능한 간섭 시나리오를 정의하여야 한다. (그림 4)에서 명시된 '1'부터 '6'까지는 각 시스템 환경에 따라 치명적으로 발생하게 되는 간섭 시나리오의 번호를 의미하며 각각의 상황에 대한 단말의 위치를 나타낸 것이다[14]. 간섭 시나리오는 채널 사용 방식에 따라 크게 매크로-펌토 간섭(간섭 시나리오 '1'부터 '4'



(그림 4) 간섭 시나리오

까지)과 펌토-펌토 간섭(시나리오 '5'와 '6')으로 나눌 수 있고, 각각은 링크 방향과 펌토셀의 위치에 따라 다시 세부적으로 나뉜다.

기지국은 기본적으로 전력제어를 통한 간섭 제어를 수행한다. 하지만 이것은 셀의 용량 및 커버리지에 영향을 미치므로 무선자원할당 방식 및 시간축 상에서의 간섭 제어를 병행하는 것이 일반적이다. 펌토셀 환경에서 특징적으로 발생하는 간섭은 폐쇄형 기지국 영역에서 비가입자 단말이 근거리의 폐쇄형 기지국에 접속하지 못하고 원거리의 매크로 기지국에 접속함으로써 유발되는 간섭으로서 이를 회피하기 위해서 ABS 기법 등이 제안되었다.

3GPP에서의 셀 간 간섭 조정 방법은 기지국 간에 사전에 정의된 지시자들이 포함된 부하 정보(load information) 메시지를 X2 인터페이스를 통해 교환함으로써 주변 셀의 상태와 간섭을 유발하는 주파수 범위를 파악할 수 있게 하는 것이다. 부하 정보 메시지를 통해 전달되는 지시자는 IOI와 HII, 그리고 RNTP 등이 있다[15].

## IV. 기술동향

펌토셀은 3GPP 회의에서 거론된 이후, 3GPP2에서도 표준화 안건으로 채택되어 기술개발과 표준화가 진행 중에 있고, SON 또한 3GPP 회의에서 표준화가 진행되고 있다. 펌토셀은 FMC 서비스와 경쟁관계에 있는 FMS 서비스를 위해 이동통신 진영의 요구에 의해 등장된 기술이다. 4세대 이동통신은 높은 주파수 대역을 이용하게 되므로 기존의 매크로/마이크로 셀룰러에서의 셀 설계 방식으로 진행하면 구축비용이 많이 들게 되므로 릴레이 기술이나 펌토셀 기술이 주목하였을 때 효과적인 망 구축 및 전개가 될 수 있다.

펌토셀 관련 표준화 동향은 크게 이동성 관련 주제와 이종망 상에서의 ICIC 주제가 논의되고 있다. 이동성 관련해서는 현재로는 정의되어 있지 않은 펌토셀 간 인

터페이스인 X2 인터페이스의 부재로 인한 문제점 해결 및 절차를 다루고 있고, 효율성 측면에서 기업형 모델 등에서는 펌토셀 간 인터페이스를 정의해서 논의를 진행하고 있다. ICIC 주제에서는 매크로셀과 피코셀 간의 간섭을 우선적으로 논의하고 있다. 캐리어 집적(carrier aggregation)이 없는 상황에서의 문제점 도출과 대책 논의를 마무리 하고, 현재는 캐리어 집적 기반 ICIC 기능 지원을 위한 방안으로 HeNB의 하향링크 수신 기능을 활용하여 캐리어를 효율적으로 설정하는 방법에 관한 논의가 진행되고 있다.

3GPP에서 SON 관련 규격은 사업자 관점에서의 네트워크 요소 관리 측면을 다루는 SA5 TSG와 무선 접속 기술을 다루는 RAN3 TSG에서 주도적으로 진행되고 있다. 3GPP에서 SON 개념은 Rel. 8부터 시작된 LTE 표준에 포함되었으며, 이후 릴리스에서 점차 영역을 확대하고 있다. 3GPP 표준화의 중요 목적은 서로 다른 벤더에서 공급된 장비로 구성된 네트워크 환경에서 SON 기능의 지원이다. SON 규격은 Rel. 8 이전에 존재하던 많은 기능을 재사용하는 방식으로, 기존 3GPP 네트워크 관리 구조 위에서 진행되고 있다. 이들 관리 인터페이스들은 포괄적인 방식으로 정의되어 있기 때문에 벤더 간의 다른 구현의 여지를 제공하고 있다.

### 1. 국내 기술동향

ETRI는 2005년부터 2007년까지 3GPP의 LTE의 개발을 진행하여, 2007년 말 성공적인 시연이 이루어졌다. 또한 2008년부터는 LTE를 기반으로 하여 4G 이동통신을 실현하려는 프로젝트인 IMT-Advanced 사업을 성공적으로 수행하여, 지난 2011년 1월에 세계 최초로 LTE-Advanced 시스템을 시연하였으며, LTE-Advanced 시스템에 기반한 펌토셀 연구도 진행하고 있다.

2011년 12월 SK텔레콤이 LTE와 WiFi 서비스를 하나의 장비에서 제공하는 WiFi 통합형 LTE 펌토셀을 발표하였다. SK텔레콤은 2012년 4월까지 전국 84개 시

를 비롯해 LTE 서비스 수요가 있는 전국 주요 지역을 중심으로 LTE 망을 조기 구축할 예정이며, 이후 LTE 펌토셀을 활용하여 서비스 품질을 높일 예정이다. 현재 설치되고 있는 제품은 국내 업체 콘텔라에서 피코칩 칩셋을 탑재해 공급하고 있으며, 8명이 동시에 접속할 수 있고 커버리지는 200m 수준이다. 이와 함께 KT와 LG 유플러스도 펌토셀 도입을 검토하고 있는 것으로 알려졌다.

KT는 자체 초고속 인터넷 및 휴대 인터넷 WiBro를 비롯한 무선통신망을 포함하여 유무선 IP 망 서비스를 통합하는 것과 함께 이동통신 서비스까지 결합하는 방안을 연구하고 있는 것으로 파악된다. 또한, 음영 지역의 통화 품질 개선과 W-CDMA 3G 서비스 기반의 킬러 애플리케이션의 개발을 목적으로 가정 및 사무실 내의 펌토셀과 SON 관련 자기구성 기술 등 초고속 인터넷 망을 연결하는 방안을 추진 중이다. KT는 현재 LTE 펌토셀 개발 설명회를 열고 파트너 선정 절차에 돌입했다. 2011년 연말 실시한 시스템 기술조사에 이어 한 달 만에 개발 협력을 구하는 등 관련 개발을 서두르고 있다.

LG 유플러스는 WiFi AP 구축에 집중했었지만 LTE 서비스를 시작하면서 추가 소형셀 전략이 필요하다는 판단 아래 펌토셀 개발이 진행 중인 것으로 알려졌다.

삼성전자는 자체적으로 개발한 펌토셀 장비를 미국에 수출하는 등 가시적인 효과를 보이고 있다. 또한 3GPP/3GPP2/Femto Forum을 통하여 다양한 아키텍처 및 관련 기술에 대하여 표준을 제안하여 표준화에 일조하고 있다. 2007년 9월에는 미국의 이동통신 사업자인 Sprint Nextel의 펌토셀 장비인 UbiCell을 수출함으로써 Sprint Nextel의 펌토셀 세계 최초 상용화를 지원하였다. 삼성전자의 자체 브랜드인 Ubicell은 Cdma2000 1x 기술을 지원하며 크기가 책 한 권 사이즈이며 전원만 켜면 자동 실행되는 플러그 앤 플레이(plug & play) 방식의 SON 관련 자기구성 기술을 채택하여 사용자가 가정에서 직접 설치할 수 있다[16].

## 2. 국외 기술동향

LTE 펌토셀 기지국을 생산하고 있는 업체들은 SON 관련 제품을 같이 개발하여 별도로 공급하거나, 자사의 펌토셀 제품에 적용하고 있다.

피코칩은 LTE 펌토셀용 PC500을 소개했으며, 3G(HSPA)와 4G(LTE)를 지원하는 칩셋을 각각 탑재한 듀얼모드 제품과 LTE와 WiMAX를 각기 지원하는 듀얼모드 제품도 소개했다. 2012년까지 HSPA+와 LTE를 하나의 칩셋으로 지원하는 듀얼모드 SoC도 선보일 예정이다.

Alcatel Lucent는 SON의 운영정보 자동설정 기능을 구별하여 xSON 솔루션이라 부르고 있다. 2010년 2월 MWC 2010에서 기업용 펌토셀 솔루션 제품인 small cell 발표하였다. SON 관련 기능으로는 ANR 및 핸드오버 파라미터 최적화 기능, 출력 파워 조절, ICIC 최적화 기능이 포함되어 있다. 펌토셀 기지국인 9365 base station에는 동일 빌딩 내의 펌토셀의 설정하기 위한 ANR 탐지 및 최적화 기능 등이 포함되어 있다.

NSN은 2010년 싱가포르에서 개최된 Communic-Asia 2010에서 분산형과 중앙 집중형 SON 구조가 복합된 하이브리드 구조의 SON 제품인 SON suite을 발표하였다. 이 제품은 NSN의 NetAct 솔루션에 기반한 OSS에서 처리하는 중앙 집중구조에 무선 수준에서는 모든 eNB들이 SON 알고리즘을 수행하는 분산 구조가 복합되어 있는 형태이다. 보안적인 기지국 추가, ANR 및 초기 단계의 자가 복구 기능이 포함되어 있다.

Motorola는 2009년 7월 영국의 테스트 환경에서 1세대 SON 솔루션을 발표하였으며, 2010년 3월에 개최된 CTIA wireless 2000에서 Rel. 8 표준을 준수하는 LTE SON 솔루션으로 advanced SON을 발표하였다. ANR, inter-radio access 기술 지원, 자동화된 호 추적, 자동화된 셀 중단 탐지 등의 기능을 가지고 있으며, SON 관련 네트워크 트래픽을 줄이는 분산형 SON 구조를 취하고 있다.



Huawei는 대규모 상업용 전개에 사용 가능한 LTE eNB를 2009년 7월 발표하였으며, 이 제품에 SON 기술을 사용하였다고 발표하였다. 2009년 10월에는 오스트리아 인스브룩에서 T-Mobile의 기존 eNB상에서 Huawei의 SON 솔루션 중 ANR 기능의 기술 테스트를 성공적으로 수행하였다고 밝혔다.

NEC는 2010년 2월 MWC 2010에서 세계 최초의 3차원 SON 시뮬레이터 개발을 발표하였다. NEC 3차원 SON 시뮬레이터에는 도심 지역에서의 3차원 무선 전파 환경 및 이동 사용자에게 대한 SON 성능 검증기능이 포함되어 있다. NEC는 Actix에서 공급하는 중앙 집중형 구조의 LTE SON을 채택하고 있다.

기지국 공급 업체 외에도 Actix, Optimi, AirHop, Eden Rock 등이 SON 솔루션을 공급하고 있다. Actix는 NEC에 중앙 집중형 구조의 SON 솔루션을 공급하고 있으며, Optimi는 중앙 집중형 구조의 Multi-Technology SON 솔루션을 보유하고 있으며, MWC 2010에서 자기 복구 기능을 가진 xNetHealing을 발표하였다.

AirHop사는 3G/4G 프로토콜에 독립적인 플랫폼 구조의 evolved SON 기술을 개발하고 있으며, 분산형 구조에 중점을 둔 하이브리드형 구조를 취하고 있다. Eden Rock사 역시 30여 개 이상의 SON 특허를 보유한 기술적 기반 위에 하이브리드형 구조의 SON 제품인 Eden-Net solutions을 보유하고 있다[16],[17].

## V. 결론

최근 이동통신 기술은 가정이나 사무실 등 실내에 설치된 기존 네트워크와의 융합 형태를 통해 이동성과 대용량 전송을 보장하면서 이동통신 네트워크에 접속하는 기지국 기술이 핵심기술로 거론되고 있다. 이에 따라, 가정 또는 사무실과 같은 실내의 음영 지역을 해소하고 한정된 주파수 자원을 효율적으로 사용하여 다수

의 사용자에게 보다 좋은 무선 환경을 제공함으로써 대용량 데이터 전송 서비스를 가능하게 하는 초소형 기지국 연구에 대한 요구가 많아지고 있다. 이동통신 기지국의 신규 설치 시 기지국 자체적으로 또는 인접한 기지국 간의 자동 협업을 통하여 기지국 간 간섭을 최소화하고 기지국의 용량을 증대시켜서 셀 커버리지를 최적화하는 기술에 대한 연구가 필요하게 되었다. 이를 위한 방안으로 셀 반경을 극도로 줄여 맥내 또는 소규모 비즈니스 환경에 알맞은 무선 환경을 제공하려고 하는 펠토셀 서비스는 보다 나은 무선 환경을 필요로 하는 사용자 요구에 적극 대응하고, 사업자의 사업 기회를 확대하며, 서비스의 질적 양적 개선 측면에 있어서 가장 중요하게 고려해야 할 기술이다. 본고에서는 펠토셀 관련 요소기술들을 정리하고, 현재 진행되고 있는 기술동향에 대하여 알아보았다.

### 용어해설

**CAPEX(Capital Expense)** 서비스 제공을 위한 설비투자 비용으로서 미래의 이윤을 창출하기 위해 지출된 비용

**OPEX(Operational Expense)** 운영 비용, 소모성으로 지출되는 비용

**공용 채널(Co-Channel)** 매크로, 펠토 전체 주파수 대역 공유(매크로 펠토 간 간섭이 치명적)

**부분 공용 채널(Partial Co-Channel)** 매크로 전체 대역 사용, 펠토 일부 대역 공유(매크로 펠토 간 간섭이 치명적)

**전용 채널(Dedicate Channel)** 서로 다른 주파수 대역을 사용(매크로 펠토 간 간섭 없음, 펠토 간 간섭이 주요 간섭)

## 약어 정리

3GPP	3rd Generation Partnership Project
ABS	Almost Blank Subframe
ANR	Automatic Neighbor Relation
CAPEX	Capital Expense
CCO	Coverage & Capacity Optimization
CSG	Closed Subscriber Group
EPC	Evolved Packet Core
ES	Energy Saving
E-UTRAN	Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network

FMC	Fixed Mobile Convergence
FMS	Fixed Mobile Substitution
HeMS	Home eNode B Management System
HeNB	Home evolved NodeB
HII	High Interference Indicator
HNB	Home NodeB
ICIC	Inter-Cell Interference Coordination
IOI	Interference Overload Indicator
LTE	Long Term Evolution
MBMS	Multimedia Broadcast Multicast Service
MME	Mobility Management Entity
MRO	Mobility Robustness Optimization
MWC	Mobile World Congress
NR	Neighbor Relation
NRT	Neighbor Relation Table
NSN	Nokia Siemens Networks
OAM	Operation, Administration and Maintenance
OPEX	Operational Expense
PCI	Physical Cell Identity
PLMN	Public Land Mobile Network
PRB	Physical Resource Block
RACH	Random Access Channel
RF	Radio Frequency
RNTP	Relative Narrowband Tx Power
RO	RACH Optimization
S-GW	Serving GateWay
SON	Self Organizing Networks
UE	User Equipment
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WiFi	Wireless Fidelity

## 참고문헌

- [1] 양정렬, 진미성, 김동인, “국제 표준 LTE-Advanced에서 논의되고 있는 Heterogeneous Network 관련 Interference Management 기술,” 한국통신학회지(정보와 통신), vol. 28, no. 8, 2011. 7, pp. 10-17.
- [2] 김준식, 박남훈, 김영진, “펄스셀 기술동향,” 전자통신 동향분석, vol. 24, no. 3, 2009. 6, pp. 32-43.
- [3] <http://www.3gpp.org/>
- [4] 3GPP TS 22.220 V9.1.1, “Service Requirements for Home NodeBs and Home eNodeBs,”.
- [5] 3GPP TS 36.300 V9.0.0, “Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2(Release 9),”.
- [6] 3GPP TS 32.511 V8.1.0, “Technical Specification Group Services and System Aspects; Telecommunication Management; Automatic Neighbour Relation (ANR) management; Concepts and requirements (Release 8),”.
- [7] 3GPP TS 32.500 V8.0.0, “Technical Specification Group Services and System Aspects; Telecommunication Management; Self-Organizing Networks (SON); Concepts and requirements(Release 8),”.
- [8] 3GPP TS 32.501 V8.0.0, “Technical Specification Group Services and System Aspects; Telecommunication Management; Self Configuration of Network Elements; Concepts and requirements(Release 8),”.
- [9] 3GPP TR 36.902 V1.2.0, “Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Self-configuring and self-optimizing network use cases and solutions (Release 9),”.
- [10] 김준식, 박남훈, 김영진, “LTE-Advanced 시스템을 위한 SON 및 펄스셀 기술,” 한국통신학회지(정보와통신) vol. 26, no. 11, 2009. 11, pp. 29-35.
- [11] 3GPP TS 36.331 V8.5.0, “Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification,”.
- [12] 3GPP TS 25.367 V8.1.0, “Mobility Procedures for Home NodeB; Overall Description; Stage 2(Release 8),”.
- [13] 3GPP TR 25.967 V9.0.0, “Home Node B Radio Frequency(RF) Requirements(FDD) (Release 9),”.
- [14] 3GPP TR 25.820 V8.2.0, “3G Home NodeB Study Item Technical Report (Release 8),”.
- [15] 3GPP TS 36.423 V9.0.0, “Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); X2 Application Protocol (X2AP),”.
- [16] [www.etnews.co.kr](http://www.etnews.co.kr)
- [17] 김홍숙, 이찬용, 박남훈, “LTE SON 기술 동향 분석,” 전자통신동향분석, vol. 25, no. 6, 2010. 12, pp. 144 - 156.