

펨토셀 기술 동향

A Technical Trend Analysis of Femtocell

New ICT 방송통신융합기술 특집

김준식 (J.S. Kim)	펨토셀시스템연구팀 선임연구원
박남훈 (N.H. Park)	펨토셀시스템연구팀 팀장
김영진 (Y.J. Kim)	이동컨버전스연구부 부장

목 차

-
- I . 서론
 - II . 펨토셀 구조
 - III . 펨토셀 기술 동향
 - IV . 결론

가정 또는 사무실과 같은 실내의 음영지역을 해소하고 한정된 주파수 자원을 효율적으로 사용하여 다수의 사용자에게 보다 좋은 무선 환경을 제공함으로써 대용량 데이터 전송 서비스를 가능하게 하는 초소형 기지국 연구에 대한 요구가 많아지고 있다. 이에 따라, 이동통신 기지국의 신규 설치시 기지국 자체적으로 또는 인접한 기지국간의 자동 협업을 통하여 기지국간 간섭을 최소화하고 기지국의 용량을 증대시켜서 셀 커버리지를 최적화하는 기술에 대한 연구가 필요하게 되었다. 이를 위한 방안으로 셀 반경을 극도로 줄여 닙내 또는 소규모 비즈니스 환경에 알맞은 무선환경을 제공하려고 하는 펨토셀 서비스는 보다 나은 무선 환경을 필요로 하는 사용자 요구에 적극 대응하고, 사업자의 사업기회를 확대하며, 서비스의 질적 양적 개선 측면에 있어서 가장 중요하게 고려해야 할 기술이다. 본 고에서는 이러한 펨토셀 관련 주요 기술적 이슈를 정리하고 현재 진행되고 있는 기술 동향에 대하여 살펴보고자 한다.

I. 서론

최근 정보 통신의 발전과 멀티미디어 기술의 보급이 진행되면서 가정이나 사무실 등 실내에 설치되어 기존 네트워크와의 융합 형태를 통해 이동성과 대용량 전송을 보장하면서 이동통신 망에 접속하는 기지국 기술이 거론되고 있다. 또한, 이동통신 서비스 영역 확대와 사용자 서비스의 성능 향상 및 기지국의 용량 증대를 제공하면서 사용자에게 저렴하고 다양한 이동통신 서비스를 지원하는 새로운 이동통신 서비스 기술이 기지국에서 요구되고 있다.

이와 같은 추세에 따라, 단말기 하나로 실외에서는 이동통신망을 접속하고 실내에서는 유선 전화망이나 IP 네트워크를 통해 통화할 수 있는 유무선 통합 서비스인 FMC(유무선 통합) 서비스와 이동통신망을 사용하되 집안 등 특정 지역에서 이동통신요금을 유선보다 저렴하게 설정해 유선 서비스를 일부 대체할 수 있는 서비스인 FMS(유무선 대체) 서비스가 본격화되고 있다. 이를 위해서는 이동통신 기지국 셀의 신규 설치시 기지국 자체적으로 또는 인접한 기지국간 자동 협업을 통하여 인접 기지국과의 간섭(interference)을 최소화하여 기지국의 용량을

증대시키고 셀 커버리지를 최적화하는 기술에 대한 연구가 필요하게 되었다.

특히 셀 반경을 가정내 또는 사무실의 방 하나의 공간 등으로 극도로 최소화한 환경 하에서 사용자 요구에 적극적으로 대응하고, 셀을 추가 설치할 때 소요 시간의 단축 및 운용에 따른 비용을 절감하여 사업자의 CAPEX/OPEX를 감소시키며, 장비제조업체의 신규 시장 창출 및 사용자 서비스의 질적 개선을 고려한 무선 환경을 제공하기 위한 방안으로 초소형 기지국인 펨토셀(femtocell)에 대한 관심이 집중되고 있다.

펨토셀에 대한 표준화 요구는 2007년 초 3GPP [1]에서 표준화 아이템으로 제안되었으며, 2007년 6월부터 3GPP2[2]에서 본격적인 이슈로 펨토셀에 대한 표준화 활동이 진행되었다. 3GPP에서는 펨토셀을 HNB라 부르고 있으며, TSG-RAN WG4의 주도 하에 WCDMA를 기반으로 한 3G HNB와 LTE 기반의 LTE HeNB에 대한 표준화가 논의되고 있다. 또한, 3GPP2에서는 매크로셀 간의 인터페이스와 기존 망의 영향을 최소화 하는 방법 등이 주요 이슈가 되고, CS/PS 서비스를 위한 망 구조(network architecture), 인터페이스 운영(interface management), 핸드오버 방식(handover scheme), 액세스 시스템 선택(access system selection) 및 동기화(synchronization) 등의 다양한 문제가 논의되면서 표준화 활동을 먼저 시작한 3GPP2가 3GPP 보다 펨토셀 표준화에 선도적인 위치를 차지하게 되었다.

펨토셀은 사용자 및 사업자에게 여러 가지 의미를 줄 수 있는 기술로, 셀을 작게 구성하고 주파수 재사용률을 획기적으로 올려서 기존의 유선 광대역 서비스에서 제공한 대용량 서비스를 무선에서도 저렴한 비용으로 제공함으로써 장소에 상관없이 고속의 데이터 서비스를 받을 수 있다는 것에 의미가 있으며 이를 통해 3G 이후 새로운 서비스의 도입 및 차세대 이동통신 시장 확대의 기반이 될 가능성을 제시하였다.

또한, 신규 기지국을 설치할 때 기지국 구성을 자동으로 설정하고, 운영중에 인접한 기지국 및 단말과 무선 환경에 관련된 데이터를 교환하여 운용 정보를 자동으로 최적화함으로써 기지국의 용량 증대

● 용 어 해 설 ●

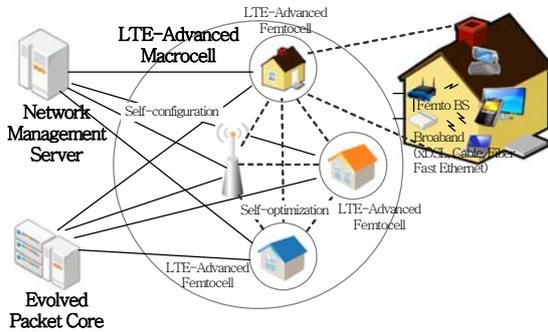
CAPEX(Capital Expense): 서비스 제공을 위한 설비 투자 비용으로서 미래의 이윤을 창출하기 위해 지출된 비용

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

Self-configuring: 기지국 추가 설치시 기지국 내부의 구성에 따른 설치 파라미터를 자체적으로 생성하여 기지국 초기 자동설치와 운용 전단계로 인접 기지국 식별 및 관계 설정/등록, 코어망과의 연결 설정 등을 진행한다.

Self-optimizing: 인접 기지국간 신호 및 트래픽 유형의 정보를 활용하여 기지국 신호 세기를 제어하고, 핸드오버 파라미터를 최적화 한다.

Self-monitoring: 기지국 내부 또는 인접한 기지국 감시를 통하여 수집된 정보(트래픽, 라우팅 등)를 통하여 서비스 성능 저하가 되지 않도록 또는 시스템 다운이 발생하지 않도록 자체적으로 조절/제어한다.



(그림 1) LTE-Advanced 시스템을 위한 SON 및 펌토셀 기술 개념도

및 커버리지 확대를 가능하게 해주는 SON 기술에 대한 표준화는 이제 막 논의를 시작하였고, 3GPP에서 연구 항목(study item)으로 선정되어 진행중에 있다. 본격적인 논의는 2009년에 활발하게 진행되고 있으며 2012년 이후에는 본격적인 시장이 형성 될 것으로 예상된다.

(그림 1)은 3GPP에서 표준화가 진행중인 LTE-Advanced 시스템을 기반으로 한 펌토셀 기술 개념도로서 LTE-Advanced 펌토셀의 SON 기술은 기지국 추가 설치시 기지국 내부의 구성에 따른 설치 파라미터를 자체적으로 생성하고 기지국 초기 자동 설치와 운용 전 단계에서 인접 기지국 식별, 관계 설정/등록 및 코어 망(core network)과의 연결 설정 등을 진행하는 self-configuration(기지국 구성 자동 설정) 기술과 인접 기지국간 신호 및 트래픽 유형 정보를 활용하여 기지국 신호 세기를 제어하고 핸드 오버 파라미터를 최적화하는 self-optimization(기지국 운용 자동 최적화) 기술을 포함한다. 이러한 기술과 더불어 LTE-Advanced 펌토셀은 이동성(mobility) 기술과 CSG를 이용한 펌토셀 기지국 선택 기술 및 셀 간 간섭 회피 기술 등이 적용된다.

II. 펌토셀 구조

1. 펌토셀

펌토셀은 가정이나 사무실 등 옥내에 설치된 브

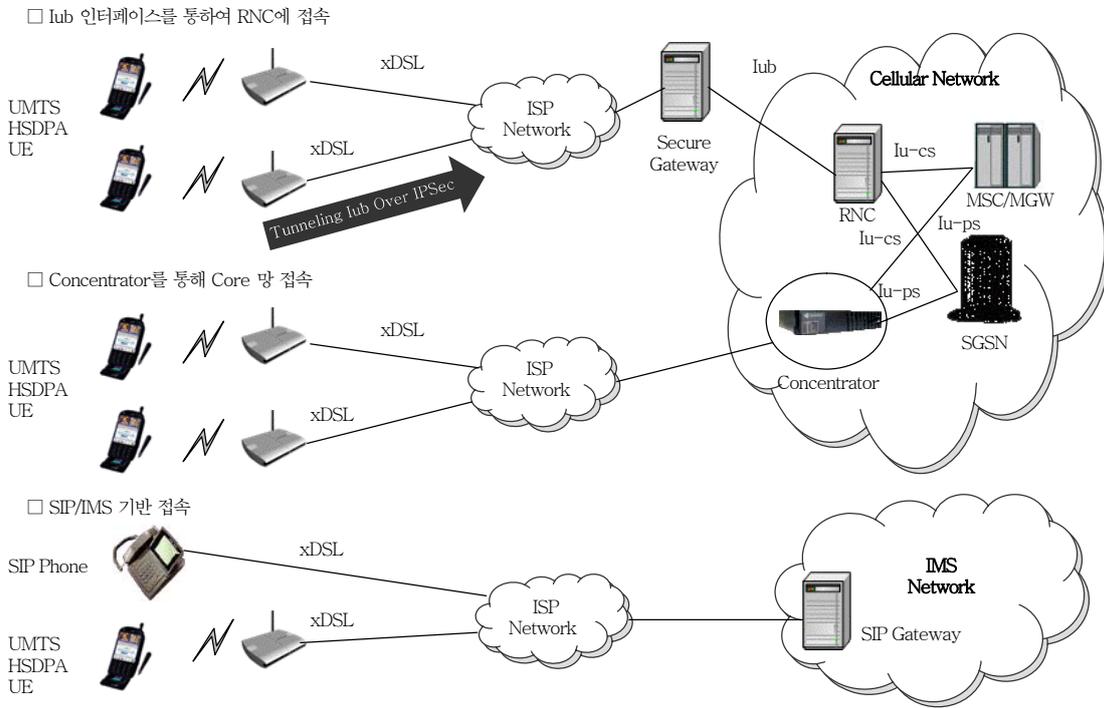
로드밴드망을 통해 이동통신 코어 망에 접속하는 초 소형 이동통신 기지국이다. 펌토셀의 명칭은 10의 마이너스 15승(100조 분의 1)을 의미하는 ‘펌토’와 이동전화의 통신가능 범위를 일컫는 ‘셀’의 합성어이며, 셀반경 10 미터 이하의 커버리지를 제공할 수 있는 기지국을 의미한다[3].

펌토셀은 실내 커버리지를 확대하고 통화 품질을 향상시키며 다양한 유무선 융합 서비스를 효율적으로 제공할 수 있는 다양한 장점을 가지고 있다. 또한, 가입자 및 관련 사업자 측면에서 펌토셀은 많은 이점이 있다. 우선, 가입자가 얻을 수 있는 이점은 기존 이동통신 사업자가 서비스를 제공하지 못하던 실내나 지하까지도 양질의 통화 품질을 보장받는 서비스를 제공 받을 수 있는 것이다. 그리고 증가된 데이터 전송률과 호출시간 감소로 통화품질이 높아지며, 허가 받은 주파수를 사용하기 때문에 비인가 대역을 사용하는 Wi-Fi 보다 연결속도가 빠르고 안정성이 높다. 지속적인 신규 통신 서비스 출현과 고품질화에 따른 통신비 부담이 증가하는 상황에서 유무선 융합을 통한 통신비 절감은 펌토셀이 기존 가입자뿐만 아니라 새로운 가입자들을 유도할 수 있는 중요한 요인이다[3].

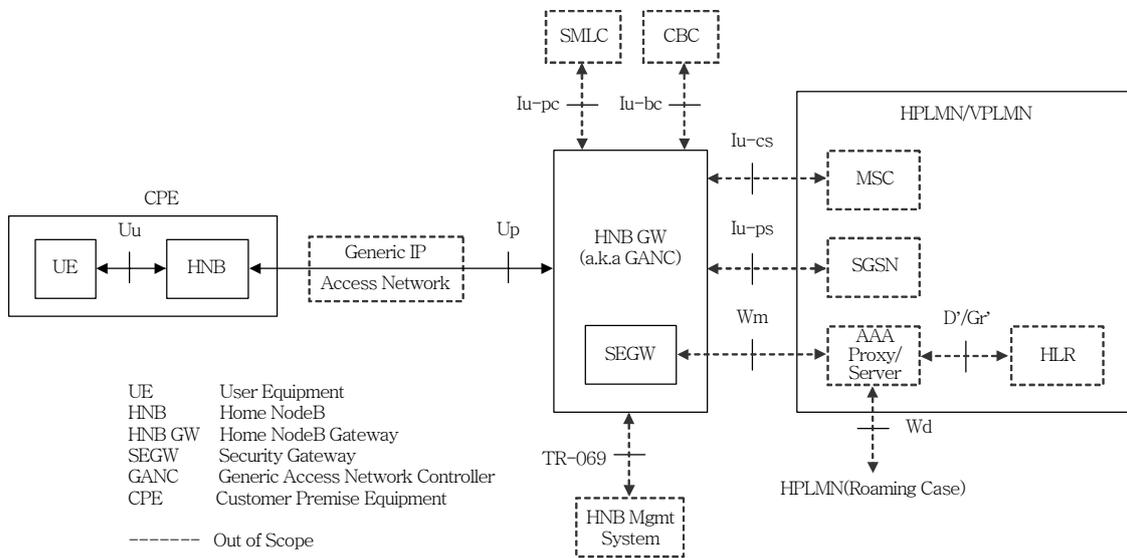
(그림 2)는 현재의 3GPP 시스템 상에서 구성 가능한 펌토셀의 여러 가지 망접속 방식을 도시한 것으로서, 펌토셀은 기본적으로 기존의 이동통신망으로의 직접 또는 간접 접속을 원칙으로 하고 있으나, 망설계의 유연함을 제공하기 위하여 IMS 망 접속도 고려되고 있다[4].

펌토셀에 요구하는 기본 기능은 먼저 self-configuration에 따른 plug & play 기능이 지원되어야 한다. 여기에는 IP address, RF/Radio 파라미터, 네트워크 파라미터, 소프트웨어 설치 등이 포함되며, 인증, 승인을 포함한 보안 절차도 운영자의 도움 없이 수행되어야 한다. 장기적으로 펌토셀은 가정 및 사무실에서 유무선의 음성 및 데이터 서비스를 통합 제공하기 위한 방안으로 활용될 수 있다.

사용자의 편의를 위하여 매크로 또는 펌토셀 간의 음성/데이터 서비스에 대한 연속성(hand-in/hand-



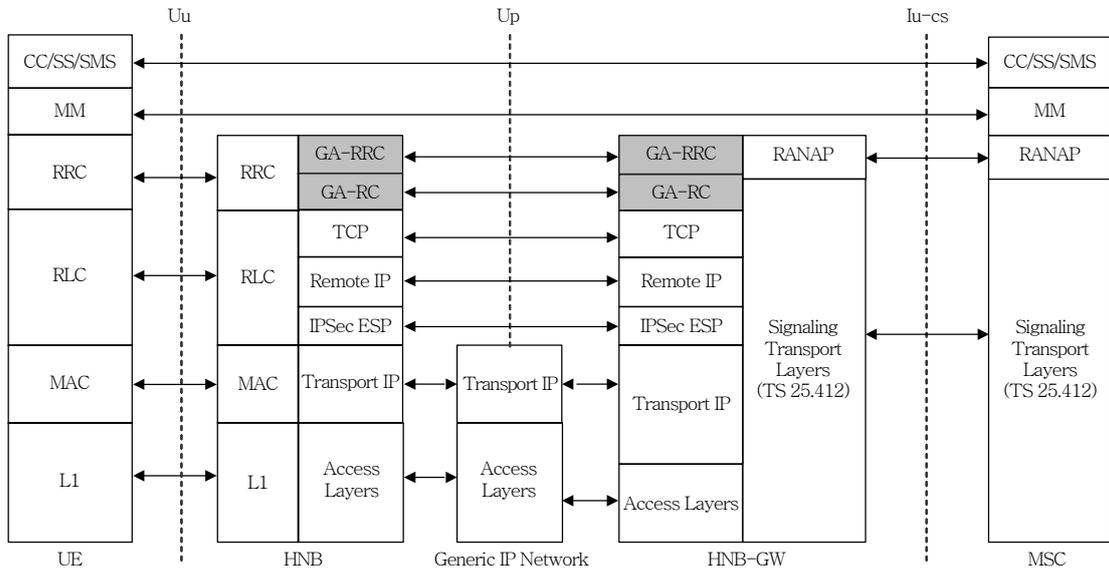
(그림 2) 3GPP 시스템에 기반한 펌토셀 접속 방식



(그림 3) LTE 시스템에 기반한 Home NodeB 기능 구조

out)이 보장되어야 하고, 액세스 제어(access control)에 의한 사용자 접속 제어가 가능하여야 한다. 여기에는 여러 가지 서비스가 존재할 수 있는데 등록된 사용자와 일반 사용자를 구분하여 접속 허용

여부를 결정하게 되며 제공되는 서비스의 차별을 들 수도 있다. 이때 단말은 접속이 가능한 펌토셀을 인식할 수 있어야 하고, 반대로 펌토셀은 연결이 허용된 단말/사용자에게만 접속을 허용해야 한다. 또한



(그림 4) LTE 시스템에 기반한 프로토콜 구조

펨토셀이 DSL 또는 브로드밴드 등의 유선망과 접속되므로 고속 데이터 전송을 위한 서비스가 제공되어야 하고 이에 따른 QoS 제어가 가능해야 한다.

펨토셀 기반의 서비스 시나리오에 따라 차별화된 과금(charging/billing) 방안 및 신뢰성 있는 데이터를 제공할 수 있어야 하고, 펨토셀-펨토셀, 펨토셀-기지국간 간섭 완화를 위한 자원 배분 및 스케줄링 방안을 확보하여야 한다. 펨토간 간섭 완화를 위해서는 빔포밍(beam-forming), 구동 제어(activation/inactivation) 방안 등이 검토되고 있다. 마지막으로 기존 단말의 음성호를 IMS 호로 전환하여 제공하기 위한 방안이 있어야 한다. 이것은 음성호의 연속성 측면에서 핸드오버 시나리오와 함께 제공되어야 할 기능이다[5].

(그림 3)과 (그림 4)는 현재 3GPP에서 표준화가 논의되고 있는 LTE 시스템 기반의 펨토셀인 Home NodeB의 기능 구조 및 프로토콜 구조의 예를 도시하고 있다[6].

2. SON

SON은 서로 다른 개체들이 결합하여 상호 작용함으로써 더 좋은 효과를 기대하는 self-organization

의 개념을 이용하여 네트워크를 더 안정적이고 효율적이면서 확장 가능하게 구성하는 것을 목적으로 한다. 특히 차세대 이동통신 망에서는 펨토셀 같은 노드들이 서비스 제공자(service provider)에 의해 지정된 최적의 위치에 설치되는 것이 아니라, 사용자가 설치하는 것으로 미리 셀 설계를 할 수 없으므로 노드 스스로가 주변 환경을 탐지하여 최적화를 수행하여야 한다. 따라서 이때의 SON은 노드를 옥내 및 옥외에 설치할 때 노드가 스스로 네트워크에 접속하고, 주변 환경에 따라 적절히 셀 플래닝(cell planning)을 수행하는 기능을 갖춘 네트워크로 정의할 수 있다.

SON은 구조화 측면에서 요소들이 특정한 방법으로 조직화되고 상호작용하면서 기능 측면에서 전체 시스템이 특정한 목적을 만족시켜야 한다. 즉, 이동통신 기지국 셀의 신규 설치 및 최적화를 기지국 자체적 또는 인접한 기지국간 자동 협업을 통하여 진행하여 기지국 용량 증대 및 커버리지를 확대하는 기술로서, 서비스로는 이동통신 기지국 계열(macrocell, multi-hop relay, HeNB) 시스템 및 장비에서 self-configuration, self-optimization 기술을 통하여 사업자의 비용을 감소하고, 기지국 용량 증대 및 커버리지 확장 그리고 사용자 서비스 성능 향상을 제공

한다. 핵심기술은 주변 기지국 및 단말 정보를 수집/측정하여 성능향상 및 트래픽 균형 제어를 하는 SON 기술을 말한다. 유선통신 분야에서 자율적 구성(autonomous configuration) 및 라우팅 테이블 자동구성 등과 개념적으로 유사하지만, 이동통신 분야에서 SON 기술은 radio/transport 파라미터 구성이나 파라미터 최적화 그리고 기지국 용량 최적화/커버리지 확장과 같은 이동통신 기지국 계열에서 다르게 접근되어야 한다.

SON은 기술적인 측면에서 크게 3단계로 분류된다. ① 셀 플래닝 단계를 거치지 않고, 초기 설치 프로파일에 근거하여 자체적으로 무선 기지국의 설치(IP 획득, 기지국 인증, 액세스 게이트웨이와 결합)와 무선자원 파라미터 설정 등의 self-configuration 기술, ② 인접한 기지국 신호를 측정하거나, 기지국 내의 가입자 단말로부터 주변 기지국 정보를 수집하는 등 인접 기지국 수집 및 식별을 통하여 인접한 기지국 리스트 최적화와 가입자 및 트래픽 변화에 따른 커버리지, 용량 확대를 위한 스스로 무선자원을 최적화하는 self-optimization 기술, ③ 그리고 기지국 내부 및 인접한 기지국 모니터링을 통하여 수집된 정보(트래픽, 라우팅 등)를 통하여 서비스 성능 저하가 되지 않도록 자체적으로 조절/제어하는 self-monitoring 기술이라 할 수 있다.

Self-organization은 <표 1>에서와 같이 5가지 범위로 구분지어질 수 있고, 보통 다음 4가지 기본적인 요소를 활용하여 운영한다[7].

- Positive feedback(긍정적 피드백)
- Negative feedback(부정적 피드백)
- Balance of exploitation and exploration(정보 수집, 활용의 균형)
- Multiple interactions(다중 상호작용)

<표 1> Self-organization의 범위

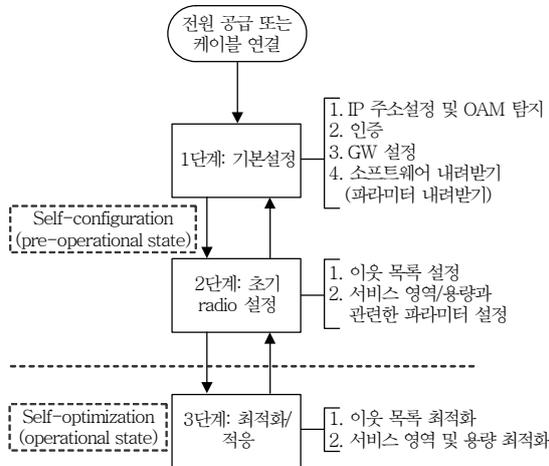
Self-healing	- 자동적인 탐지, 위치설정, Failure 수정
Self-configuration	- 현재 상황에 부합하는 적절한 설정
Self-management	- 장비 또는 네트워크의 유지 관리
Self-optimization	- 방법 및 파라미터 결정의 최적화
Adaptation	- 주변 환경의 변화에 대한 적응

이는 self-organization 시스템의 노드가 환경을 관찰하고 다른 노드와 상호작용 함으로써 수집한 정보를 활용하고 균형을 맞추면서 동작한다는 것을 의미한다.

SON에 대한 많은 논문 및 표준문서들을 보면 무선 이동통신 망에서의 self-organization이 다음과 같은 주기를 가지고 있는 걸 알 수 있다. 우선, 각각의 노드들이 무선 환경을 감지한다. 여기서 환경에 대한 감지는 각각의 노드가 위치 기반의 정보를 수집하고, 이를 특정 중앙 노드에게 전송하거나 하지 않는다. 지역적인 정보만으로 동작을 결정하고 개별적으로 최적화하는 알고리즘을 적용한다. 이렇게 결정된 동작을 실행에 옮겨서 시스템을 혹은 노드를 재구성 해주고, 각각의 노드들이 계속해서 환경을 모니터링 하고 있으므로 이웃의 노드들이 변화를 감지할 수 있다. 즉 주변 노드들도 변화를 감지하여 self-optimization을 수행하고 자신의 설정을 변경하는 과정을 수행하게 된다. 이렇게 각각의 요소들이 변화에 적응하고 재구성하는 과정을 주고 받으면서 상호 작용하게 된다. 또한 이러한 동작들이 전체적인 시스템의 목적을 만족시키는 방향으로 이루어진다[8].

각각의 노드가 지속적으로 환경에 대해 모니터링을 하고 positive feedback 혹은 negative feedback을 받는다. Negative feedback이 올 경우 새로이 최적화를 수행하여야 한다. 이는 self-healing에 해당하는 것으로 SON 기술에서는 갑작스러운 변화가 나타날 때도 노드의 수가 증가할 때도 안정적으로 동작할 수 있어야 한다. 이러한 펨토 시스템은 서비스 제공 측면에 있어서 장점이 있는 반면 많은 수의 기지국이 필요하다는 점에서 설치와 운용을 위한 비용이 크다는 약점을 지닌다. 또한 단순히 중앙 집중식의 관리만으로는 각 셀에서 시시각각 발생하는 환경변화에 효과적으로 대응하는 데 어려움이 있다. 따라서 이에 대한 대안으로 현재 진행중인 표준화 작업에서는 펨토 시스템에 대한 SON의 적용이 중요한 이슈로 다루어지고 있다.

실질적으로 펨토셀에 적용되는 SON의 동작은 (그림 5)에서와 같이 기지국에 전원을 넣고 RF 송신



(그림 5) Self-configuration과 Self-optimization 동작 흐름

준비 상태까지 완성하기 위한 기지국 초기화 과정과 자동 설치 프로그램에 의해 시스템 동작에 필요한 기본 정보를 세팅하는 등의 기본적인 동작을 포함하는 self-configuration 범주의 기능과 단말/기지국의 (성능) 측정 기능을 이용하여 네트워크를 자동 최적화하는 절차 및 optimization/adaptation 과정 등 펌토셀 운영중에 작동이 가능한 self-optimization 범주로 나누어져 운영된다. 각각의 단계는 상태에 따라 천이되며, 최적화 단계에서는 초기 설정단계에서 작성된 이웃 목록 및 서비스 영역 그리고 용량에 대한 최적화 과정이 수행되어 적용된다[9].

기존의 셀룰러 시스템에서는 중앙집중식 관리를 통하여 동일한 시스템 파라미터를 사용함으로써 모든 기지국과 단말기들이 동작한다. 또한 변경사항이 발생하는 경우 전체 시스템에 대한 재정의가 필요하였다. 이에 반해 SON 시스템에서는 기본적으로 다음과 같은 설계 개념을 바탕으로 한다.

- 각 기지국 및 단말기가 속한 지역에 적합한 각각의 파라미터로 동작(QoS, handover, neighbor cell list, frequency & power allocation)
- 환경 변화에 따른 해당 파라미터의 효율적인 적응 방법
- 동작 과정을 최소화 하면서 최적화 수행(control signaling & distributed operation)

• 인간의 관여를 최소화

이를 기반으로 한 SON 시스템은 사용자가 별도의 도움 없이 설치 운영하여야 하기 때문에 O&M의 측면에서의 관리 방법이 중요하다. 초기 설치 및 전체적인 시스템을 운영하는 데 필요한 구성 관리, 효율적이고 최적화된 운영을 위한 성능 관리, 장애가 발생했을 경우 이를 감지하고 사업자에 의해서 원격 진단을 가능하게 하는 오류 관리, 안전한 데이터의 전달을 위한 보안 관리, 오류 및 시스템 상황 분석을 위한 추적(trace) 관리, 동작 상황 검증 및 에러 복구 확인을 위한 테스트 관리 등으로 나누어 볼 수 있다[8].

Ⅲ. 펌토셀 기술 동향

1. 기술적 이슈

펌토셀은 현재 앞에서 언급했던 표준화 단체들을 통해 규격이 적립되어 가고 있는 단계의 기술이고 요구사항 및 기반 기술에 대한 정리가 진행중에 있으므로 이와 관련하여 좀 더 구체적으로 논의가 진전되고 있는 3GPP2에서의 표준화 이슈를 통해 현재의 기술 동향을 정리하면 다음과 같다.

- 구조(architecture) 및 기본 기능(basic functionality), 이동성(mobility), RF 이슈
- O&M, Self-optimization, Self-configuration
- Identification/QoS/Scalability 및 Security
- EPC/SON을 위한 네트워크 동기화
- 핸드오버 절차 및 관련 파라미터 설정
- 간섭 제어 방안

등이지만, 전반적으로는 상위 요구사항 외에는 결정된 사항이 없고 아직까지는 거의 모든 이슈들이 오픈되어 있는 상태이다[10].

가. 네트워크 구조 이슈

1) 회선 서비스(circuit service)

회선 서비스 관련해서는 대략 두 가지 안으로 의

견이 정리되고 있는 상태이다. 삼성, Huawei, Qualcomm 등이 제안한 MSC/MGW와 펌토셀 간의 인터페이스를 IOS 규격으로 정의하자는 안과 Tarara, Airvana, ALU 등이 제안한 IMS 기반의 인터페이스안이 그것이며, 중간적인 입장에서 phased approach를 통해 1단계에서는 IOS 인터페이스로 정리하고, 2단계에서 IMS 인터페이스를 도입하자는 안도 논의되고 있다.

2) 패킷 서비스(packet service)

패킷 서비스 관련된 제안도 크게 두 가지로 나뉘어 있다. 삼성, Huawei, KDDI 등이 회선 서비스와 마찬가지로 IOS 인터페이스를 도입하자고 주장하는데 반해, Airvana와 ALU 등은 PCF를 펌토셀로 통합하고, PDSN과 펌토셀 사이의 인터페이스를 정의하자고 주장하는 스플릿(split) 구조를 제안하고 있는데, 이에 대한 논의는 향후 좀더 진행되어야 할 것으로 보인다.

나. Radio 이슈

1) 간섭 제어

펌토셀과 매크로 망의 셀이 계층적 구조를 가지면서 생기는 간섭 문제, 펌토셀 간의 간섭 문제, 그리고 펌토셀 내부의 간섭 문제 등은 네트워크의 적용과 성능 구현에 필수적인 고려 요소이지만, 아직까지 뚜렷한 해결책이나 개선 방안이 제시되고 있지 못하다. 다만, 몇몇 제조업체에서 펌토-매크로 간 간섭의 시뮬레이션/분석 결과를 제시하고 있는 상황이다.

2) 시스템 선택(system selection)

계층적 셀 구조 하에서 매크로 망을 선택할지, 혹은 내부에 무수하게 많이 존재하는 펌토셀 중 어느 셀을 선택할지를 정하는 방법 또한 중요한 표준화 이슈이며 다음과 같이 나눌 수 있다.

- 펌토셀 비컨(beacons)

- 신호 로밍(roaming) 리스트
- 신호 사용자 영역(user zones)

첫번째, 펌토셀 비컨 방식은 pilot, sync, paging 채널(channels) 등을 통해 펌토셀을 구별하도록 하는 방법으로 비컨 파워가 클 경우에는 스펙트럼 오염(spectrum pollution)을 일으킬 가능성이 높으며, 너무 낮을 경우에는 셀 감지 신뢰도가 떨어질 수 있다는 단점이 생길 수 있다. 따라서 이를 적절히 배분하여 활용할 수 있는 방안이 필요하다.

두번째, 신호 로밍 리스트 방식은 찾고자 하는 RF 밴드나 채널의 리스트로 이루어진 애퀴지션 테이블(acquisition table)과 SID(System ID), NID(Network ID)의 조합으로 이루어진 시스템 리스트(system list)를 활용하여 주변의 펌토셀들을 관리하는 방법이다.

세번째, 신호 사용자 영역을 활용하는 방법은 사용자의 단말기가 특정 지역의 펌토셀에만 접속하는 패턴이 있다는 특징을 활용하여, 신호 영역을 설정하고, 그 신호 영역에 사용자가 들어올 때 매크로 셀에 우선하여 펌토셀을 찾도록 하는 방법이다.

이 외에도 다수의 제안들이 시스템 선택 방안으로 제시되고 있으나, 현재는 논의만 진행되고 있다.

다. 핸드오버 이슈

핸드오버 관련해서는 허용 범위에 관한 논의가 주를 이루고 있다. 현재까지 논의된 바로는 펌토셀에서 매크로 망으로 진행되는 경우의 핸드오버는 필수로 하고 나머지 경우, 즉 매크로 망에서 펌토셀로 들어오는 경우와 펌토셀 간의 핸드오버인 경우 등은 선택적으로 적용하도록 하자는 의견이 대세이다.

그 밖에 몇몇 제조업체에서 해당 절차에 대한 제안을 제출하고 있어 파라미터 정리와 함께 향후 논의사항으로 제시되고 있다.

라. 동기화 이슈

펌토셀에 동기를 공급하기 위한 방법은 시스템의 운용의 신뢰성을 높이는 데 최우선적으로 고려되어

야 할 사항이나 아직까지는 뚜렷한 해결책이 나오지는 않고 있다. 주로 IEEE-1588이 제안하는 패킷망 상의 동기 분배 방식이나 매크로 망에서 동기화 신호를 받아 오는 방법 등이 고려되고 있다.

현재 패킷망 상의 타이밍 솔루션(timing solution)을 정리하기 위해 활동하는 표준화 단체는 ITU-R SG 15에서 G.8261을 가지고 “Timing over Packet”과 “Synchronous Ethernet” 주제의 작업을 진행중이며, IEEE에서는 1588 버전 2 작업을 마무리 짓고 있는 중이다[10].

<표 2>와 <표 3>은 각각 3GPP에서 논의중인 펌토셀 및 SON 관련 표준 문서로서 현재는 많은 부분이 보완되어야 할 상황이다. TR 25.820 문서에서 제안하는 펌토셀 요구사항은 다음과 같다[6],[11],[12].

- H(e)NB는 다른 채널을 사용하는 사용자의 성능을 심각하게 열화시켜서는 안된다.
- H(e)NB는 기존의 (e)UTRAN과 동일한 채널을 사용할 수 있어야 하며, 이러한 경우에 있어서 기존의 시스템 대비 심각한 성능 열화가 있어서는 안된다.
- H(e)NB는 독립적으로 존재하거나 또는 같은 지역에 여러 개의 H(e)NB가 존재하는 경우에도

같은 성능을 제공해야 한다.

- 기존의 단말기를 수용할 수 있어야 한다.
- 단말이 H(e)NB를 찾는 경우에 단말은 매크로 셀 보다 펌토셀에 우선권을 가지고 있다.

2. 기술 동향

유럽의 대표적 이동통신 사업자인 영국 보다폰(Vodafone) 그룹은 2008년 1월 가정용 주택과 사무실의 음영지역 해소를 위하여 펌토셀 기술을 테스트 했다. 보다폰은 펌토셀 전문 장비업체인 Ubiquity의 제품을 검토한 것으로 보도되었고, 전문가들은 보다폰의 이러한 시도가 펌토셀 기술문제를 해결하는 데 도움이 될 것이라 전망하고 있다. 영국의 또 다른 이동통신사인 T-모바일은 Huawei로부터 장비를 공급받아 펌토셀 장비에 대한 테스트를 시작하여 최근에 시험을 완료하였다.

북유럽의 대표적 이동통신사인 TeliaSonera는 2008년 봄, 스웨덴 등 2개 시장에서 펌토셀 장비를 시험하기 위하여 이미 2개의 벤더를 선정하였으며, 엔드유저를 대상으로 현장테스트를 개시할 예정이다. TeliaSonera는 스웨덴, 노르웨이, 덴마크 등 북유럽시장에서 운용중인 UMA 기반 Wi-Fi/GSM 듀얼모드 FMC 서비스인 “Home Free”를 펌토셀과 통합하여 서비스를 향상시킨다는 전략이다.

에릭슨(Ericsson)의 경우 3G 서비스를 지원할 수 있는 펌토셀 솔루션을 발표하였다. 이 솔루션은 가정용 액세스 포인트(access point), 초소형 GSM 기지국을 포함한 모델로서, GSM 및 W-CDMA 단말을 지원하며, Wi-Fi 및 ADSL 인터페이스를 포함하고 있다. 또한 plug & play 방식을 지원하며, IP 백홀망에 연결하는 구조를 가지고 있다. 이러한 솔루션은 이동통신사들이 실내 거주자들을 대상으로 저렴한 요금제를 제공할 수 있는 기회를 제공한다.

노키아 지멘스(Nokia Siemens)는 오픈 인터페이스 기반의 게이트웨이형 펌토셀을 제공하고 있다. 노키아 지멘스의 펌토 게이트웨이와 RadioFrame의 OmniRadio CPE를 결합함으로써 펌토셀 운영 경비

<표 2> 펌토셀 관련 표준 문서

문서 구분	LTE Home eNodeB
Study	- SP-080636, SP-080791 - TR 25.820
Requirement	- TS 22.011(SA1) - TS 22.220(SA1) - R3.020 (RAN3 internal) - TS 36.300(RAN2/3)
Architecture & Function	- R3.020(RAN3 internal) - TS 36.300(RAN2/3)

<자료>: 3GPP

<표 3> SON 관련 표준 문서

문서 구분	LTE Home eNodeB
Use Case	- TR 36.902(RAN3) - TR 36.816(SA5)
Concept & Requirement	- TR 23.8xx - TS 32.500 - TS 32.511

<자료>: 3GPP

와 번들링 상품 출시비용, 매크로셀의 트래픽 부담을 경감시켜 ARPU를 증가시킬 것으로 예상하고 있다.

프랑스의 통신 사업자인 FT는 이동통신 분야 자회사인 Orange를 통해 펨토셀 벤더들에게 지역 크기별 펨토셀 물량 도입에 따른 비용을 파악하기 위한 제안서(RFP)를 발송하였다. FT는 펨토셀 장비를 사용자들에게 대여하는 방식으로 제공할 계획이다. FT는 펨토셀을 통해 더 많은 사용자들을 확보하고 나아가 홈 영역의 전체통신 수요를 커버하려는 전략을 가지고 있다.

피코셀(Picocell) UMA 전문업체인 IP Wireless는 유선사업자와의 경쟁을 위해 3G 펨토셀 기지국인 "Oyster"를 선보였다. 이는 우편엽서 크기의 초소형 기지국으로, 가입자의 집안 또는 실내에 설치된 유선 광대역 망을 통해 연결되며, 가입자 단말장비와 관계없이 3G용 단말에 대하여 최대 7 Mbps를 지원한다.

NextPoint는 자사의 펨토셀 게이트웨이와 네트워크 전문 솔루션업체인 ZTE의 UMTS 제품 결합을 통해 펨토셀 솔루션을 발표하였다. 양사의 결합 서비스를 통해 가정과 직장과 같은 실내 음역지역의 수신 성능을 대폭 개선함과 동시에 이동통신망 가입자에게 보다 신뢰성 있는 무선접속 서비스를 제공할 수 있게 되었다.

미국의 모토로라(Motorola)가 2007년 2월 펨토셀 전문 벤처인 Netopia를 인수한데 이어, 인터넷 검색 업체인 Google이 또 다른 펨토셀 업체인 Ubiquisys에 지분을 투자하기로 결정하였다. 구글(Google)의 Ubiquisys 지분 매입은 700 MHz 주파수 확보, 스프린트 넥스텔(Sprint Nextel)과의 WiMAX 제휴에 뒤이어 이동통신 시장에 참여하기 위한 포석으로 풀이된다.

세계 최대의 DSL 모델업체인 Thomson은 펨토셀 장비 개발을 위해 유럽의 노키아 지멘스 네트워크와 손을 잡았으며, Wi-Fi 라우터 업체인 Netgear는 소수의 관련 기업(Airvana, PicoChip, Radio-Frame Networks, Ubiquisys 등)과 함께 펨토셀 표준화 및 시장 확산을 지원하는 단체인 펨토 포럼

(Femto Forum)을 발족했다.

미국 3위의 이동통신 업체인 스프린트 넥스텔은 덴버와 인디애나 폴리스에서 세계 최초의 펨토셀 상용 서비스인 Airave를 2007년 9월 실시하였다. 장비는 삼성에서 자체 개발한 "유비셀(UbiCell)"을 구입하여 사용하였다. 이 서비스는 월정액 15달러의 정액 요금제로 무제한 통화를 제공한다. 스프린트 넥스텔은 2008년까지 미국 전역으로 서비스를 확대할 계획이라고 한다. 사용가능 단말에 제한은 없으며 Cdma2000-1x로 구현된 단말은 모두 가능하다. 이 서비스의 기지국은 초고속 인터넷 망에 접속된다.

NTT DoCoMo의 경우 2007년 7월 전용 IP 망을 이용하여 펨토셀 기지국 접속 테스트를 실시한 바 있으며, SoftBank Mobile은 FTTH/AOSL을 IP 백홀로 사용하여 이동통신망에 접속하고 트래픽은 인터넷을 경유하는 시험을 실시하였다. 양사의 도입 형상은 비슷하지만 추진 전략은 상당히 다른 면이 있는데, NTT DoCoMo는 기존서비스의 서비스 커버리지 확장에 목표를 두고 있는 반면, 소프트뱅크 모바일(SoftBank Mobile)은 신규 서비스 도입과 홈 네트워크 게이트웨이로 활용할 예정이다. 소프트뱅크 모바일에서는 Ubiquisys로부터 3G 펨토셀을 공급받아 2009년에 펨토셀 서비스를 시작할 것이라고 발표하였다. 한편 주파수 간섭문제가 심할 것으로 예상되어 적극적으로 나설 생각 없다며 소극적인 행보를 보이고 있는 KDDI도 국내 벤처기업인 콘텔라를 펨토셀 공급업자로 선정하는 등 펨토셀 시장 진입을 위한 기반을 마련중이라 할 수 있다. 일본 NEC는 영국의 Ubiquisys사의 장비를 이용해 펨토셀 솔루션을 제시하였다. 이 소형 기지국은 ADSL 및 FTTH 회선을 이용해 IP 백홀을 구현하였다.

중국의 대표적인 네트워크 사업자인 Huawei에서는 펨토셀 부문에서 가장 적극적으로 개발에 나서고 있다. 2009년 1월 싱가포르의 제 2 이동통신사업자인 StarHub와 3G W-CDMA 기술을 이용한 펨토셀 서비스를 시작하였다. 또한 일본 eMobile과도 펨토셀 출시를 위한 협력이 진행중이어서 해외에서

의 펌토셀 시장은 초기 상태로 진입하고 있는 상황이다[3].

현재까지 세계 각국의 펌토셀 개발 현황은 FMC, FMS 서비스 등이 서로 경쟁적으로 혼재되어 장비 개발 등이 진행되고 있는 상황이고, 기타의 여러 가지 융합 서비스 및 솔루션이 제안되고 있는 상황이다.

IV. 결론

펌토셀은 현재 표준을 정하고 있는 단계의 기술이지만 미국, 유럽, 일본 등과 같은 세계 각국의 이동통신 주요 기업들은 이미 시제품을 내고 펌토셀 도입을 추진하고 있으며, 국내에서도 상당한 관심을 보이고 있다. 아직까지 펌토셀에 대한 연구가 매우 미흡하기 때문에 본 고에서는 성장 잠재력을 지니고 있는 펌토셀에 대한 정의, 기술현황, 업체동향을 정리함으로써 현재의 펌토셀 현황에 대하여 이해를 돕고자 하였다. 펌토셀은 아직까지 구체적인 시장을 형성하지 못하고 있으며 표준조차 정해지지 않았기 때문에 명확한 시사점을 제안하기에는 아직까지 미흡한 점이 많다. 앞으로의 연구에서는 현재 기술적으로 미진한 부분에 대한 보완과 시장 및 서비스 등의 개발에도 노력하여 SON 및 펌토셀 기술의 활성화 방안을 제시할 것이다.

약어 정리

3GPP	3rd Generation Partnership Project
AOSL	Authorized Organizational Stockage List
ARPU	Average Revenue Per Unit
CPE	Customer Premises Equipment
CS	Circuit Switching
CSG	Closed Subscriber Group
DSL	Digital Subscriber Line
EPC	Evolved Packet Core
FMC	Fixed Mobile Convergence
FMS	Fixed Mobile Substitution
FTTH	Fiber To The Home
FT	France Telecom

GSM	Global System for Mobile communications
G/W	GateWay
HeNB	Home envolved NodeB
HNB	Home NodeB
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineer
IMS	IP Multimedia Subsystem
IOS	Intenetwork Operating System
ISP	Internet Service Provider
ITU	International Telecommunication Union
LTE	Long Term Evolution
MGW	Media GateWay
MSC	Mobile Switching Center
O&M	Operation and Maintenance
PCF	Packet Control Function
PDSN	Packet Data Serving Node
PS	Packet Switching
PSDN	Public Switched Data Network
QoS	Quality of Service
RF	Radio Frequency
RNC	Radio Network Controller
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIP	Session Initiation Protocol
SON	Self Organizing Networks
TSG-RAN	Technical Specification Group-Radio Access Networks
UMA	Unlicensed Mobile Access
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access
Wi-Fi	Wireless Fidelity
xDSL	x Digital Subscriber Line

참고 문헌

- [1] <http://www.3gpp.org/>
- [2] <http://www.3gpp2.org/>
- [3] 노미진, 김주성, “유무선 통합 시대의 펌토셀 동향 및 비즈니스 모델,” 전자통신동향분석, 제23권 제2호, 2008년 4월, pp.91-97.
- [4] 류원, “Fixed Mobile Convergence Technology,” 유무선 통신융합 네트워크 Femtocell Network 학술대회, June 2008.
- [5] 제2회 유무선 방송통신네트워크 단기강좌, “Femto-centric LTE and WiBro Evolution Network,” 2009.

- [6] 3GPP TR R3.020 v0.9.1, "Home (e)NodeB; Network Aspects(Release 8)," Nov. 2008.
- [7] <http://en.wikipedia.org/>
- [8] 고정하, 박경민, 윤강진, 김영용, "SON의 개념 및 기술 개요," 정보통신기술, Vol.22, Nov. 2008.
- [9] 3GPP TS 36.300 V8.6.0, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall Description; Stage 2 (Release 8)," 2008.
- [10] 박평규, "Femto Cell," TTA 저널, 114호, 2007.
- [11] 3GPP TR 25.820 v8.2.0, "3G Home NodeB Study Item Technical Report," Sep. 2008.
- [12] 상영진, 김광순, "펨토셀 자기구성 기술 동향," 한국통신학회, Dec. 2008.