

소형셀 특성 및 연구현황

I. 서론

무선통신 기술의 발전으로 인해 모바일 기기 보급이 증가하고 있고 이를 위한 다양한 모바일 어플리케이션이 등장하고 있으며, 이는 모바일 데이터 트래픽의 증가를 가속화하고 있다. 시스코 자료에 따르면 2014년 모바일 기기의 수는 세계 인구수를 초월하였으며, 모바일 데이터 트래픽은 전년대비 69퍼센트 증가하였다. 또한, 2014년에서 2019년까지 모바일 데이터 트래픽이 10배 가까이 증가할 것으로 예상하고 있다^[1]. 이러한 폭증하는 모바일 데이터 트래픽 수요에 대응하기 위해 coordinated

multipoint transmission and reception (CoMP), device to device (D2D), heterogeneous network (HetNet), massive multiple input and

multiple output (MIMO)와 같은 기술들이 등장하였다. 이 중 HetNet은 <그림 1>과 같이 매크로 셀 반경 안에 작은 반경의 셀을 설치하여 데이터 처리용량과 속도를 증가시키는 기술이다. 소형셀(Small cell)은 HetNet의 구성요소 중 하나로 소형셀 포럼(Small Cell Forum)의 자료에 따르면 2015년 77개 이상의 네트워크 사업자가 소형셀을 사용하고 있으며, 2013년 대비 2015년 소형셀 설치가 2배 가까이 증가할 것으로 예상하고 있다^[2]. 이러한 소형셀 설치 증가로 인해 소형셀 측면에서의 성능 최적화를 위한 많은 연구들이 진행되고 있다. 본고에서는 소형셀 정의 및 분류, 기술적 및 서비스면 특성과 소형셀 관련연구와 그 현황을 기술하고자 한다.

소형셀은 이동통신망의 네트워크 용량을 증가시키고 음영지역을 커버하기 위해 제안되었으며, 소형셀 포럼에서는 허가된 주파수 대역을 사용하는 저전력 무선기지국으로 정의하고 있다.



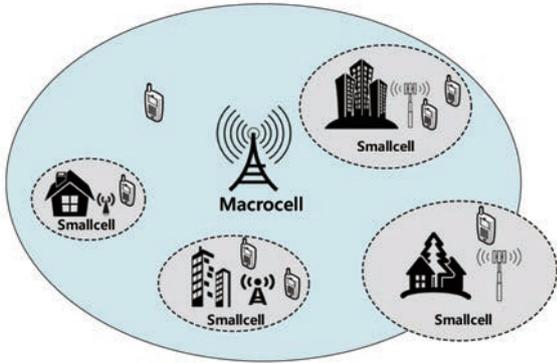
천혜림
아주대학교 전자공학과



이승규
ETRI



김재현
아주대학교 전자공학과



〈그림 1〉 HetNet

II. 소형셀 정의

소형셀은 이동통신망의 네트워크 용량을 증가시키고 음영지역을 커버하기 위해 제안되었으며, 소형셀 포럼에서는 허가된 주파수 대역을 사용하는 저전력 무선기 지국으로 정의하고 있다^[3]. 일반적으로 소형셀은 커버리지 범위 및 설치 특성에 따라 〈표 1〉과 같이 펨토셀(femtocell), 피코셀(picocell), 마이크로셀(microcell), 메트로셀(metrocell)로 분류한다^[4-5].

또한, 소형셀 포럼에서는 소형셀 설치장소 및 사용용도

〈표 1〉 Coverage 별 소형셀 종류

종류	범위	설치장소	비고
펨토셀	< 10m	Indoor areas	가정이나 사무실에 설치
피코셀	< 200m	Indoor public areas	공항, 대중교통, 쇼핑몰 등과 같은 장소
마이크로셀	100m ~ 2km	Urban & rural areas	매크로셀(macro-cell) 커버가 필요하지 않은 경우 설치
메트로셀	100m ~ 2km	Urban & rural areas	capacity bottle-neck 완화가 필요한 곳에 설치

에 따라 home, enterprise, urban, rural & remote 소형셀로 분류하며 〈그림 2〉와 같이 커버리지에 따른 분류와 맵핑할 수 있다^[3]. Home 소형셀은 현존하는 소형셀 중에 가장 규모가 작은 단위의 가정용 혹은 작은 사무실용 소형셀이다. Enterprise 소형셀은 회사, 작은 사무실 등과 같은 규모에 설치되며 home 소형셀과 비교하여 사용자가 많은 경우, 이동성에 따라 다른 셀로의 핸드오버가 일어나는 경우, 셀 당 커버리지 면적이 비교적 넓은 경우에 해당된다. Urban 소형셀은 공항, 대중교통, 쇼핑몰 등 공공장소에 설치되며, 모바일 기기 사용자 밀도가 높은 환경에서 네트워크 용량과 커버리지를 개선하기 위해 사업자가 설치하는 소형셀이다. Rural & remote 소형셀은 일반적인 이동통신 서비스를 받을 수 없는 지역에 설치하는 소형셀로 일반적인 통신 서비스 범위 밖의 사용자 커버, 공공안전 응급 서비스, 모바일 인프라가 파괴된 재해/재난현장, 일시적으로 많은 모바일 사용자가 모이는 행사장, 군 서비스 등을 위해 설치된다.

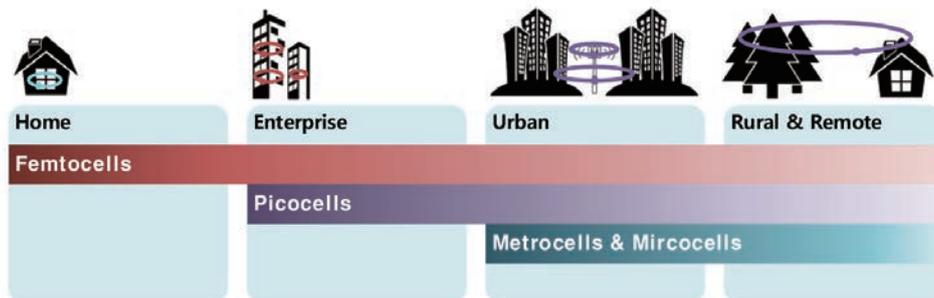
III. 소형셀 특성

1. 소형셀 기술적 특성

소형셀은 다른 기술과 구별되는 다음과 같은 핵심적인 특성이 있다^[6].

가. 모바일 기술 사용

소형셀은 표준 무선통신 프로토콜을 사용하기 때문에 많은 모바일 기기가 광범위의 네트워크에 접근할 수 있는 서비스를 제공할 수 있다.



〈그림 2〉 소형셀 분류



나. 허가된 주파수 대역 사용

소형셀은 허가되지 않은 주파수 대역을 사용하는 WiFi AP와 달리 허가된 주파수 대역에서 동작하기 때문에 네트워크 사업자가 소형셀 사용자에게 보장된 quality of service(QoS)를 제공할 수 있다.

다. 커버리지와 네트워크 용량 개선

소형셀은 실내 커버리지를 개선할 뿐만 아니라, 많은 사용자들을 커버할 수 있도록 네트워크 용량을 증가시킨다. 이는 커버리지만 개선하는 일반적인 중계기와는 차별화된 점이다.

라. Internet-grade 백홀 사용

소형셀은 표준 인터넷 프로토콜을 사용하는 광대역 네트워크를 백홀망으로 사용하여 데이터를 전송한다. 이러한 백홀망은 특정 인터넷 서비스 사업자의 네트워크, 인터넷, 또는 전용링크가 될 수 있다.

마. 높은 비용 효율

많은 수의 소형셀이 설치된다면 규모의 경제, 생산 및 분포 측면에 있어서 높은 효율을 가져올 것이다.

바. 자율 설치 및 관리

소형셀은 사용자에 의해 설치될 수 있고, 사용자나 네트워크 사업자의 간섭없이 백홀망의 조건에 따라 높은 성능으로 동작하도록 스스로 셋업된다.

사. 네트워크 사업자 제어

소형셀은 네트워크 사업자의 의해 설정된 파라미터 안에서만 동작한다. 그리고 네트워크 사업자는 특정 소형셀 또는 사용자에게 서비스를 생성 혹은 거부할 수 있도록 설정할 수 있다.

2. 소형셀 서비스 특성

서비스 측면에서 소형셀은 다른 통신서비스와 구별되

는 고유의 특성이 있다. 소형셀은 이러한 특성을 기반으로 새로운 서비스를 제공할 수 있다^[7].

가. 모바일/홈 네트워크 브리지

소형셀은 모바일 네트워크의 일부인 동시에 홈 네트워크에도 속하기 때문에 모바일 네트워크의 단말과 홈 네트워크의 단말간의 통신을 가능케 한다. 따라서 스마트폰이나 태블릿 PC 등의 모바일 기기에서 홈 네트워크에 속한 프린터로 출력을 하거나, 모바일 기기에 저장된 미디어 파일을 홈 네트워크의 TV를 통해 보는 서비스 등을 제공할 수 있다.

소형셀은 기술적인 측면에서 모바일 기술 사용, 허가된 주파수 대역 사용, 커버리지와 네트워크 용량 개선, Internet-grade 백홀 사용, 높은 비용 효율, 자율 설치 및 관리, 네트워크 사업자 제어의 특징이 있다.

나. Presence

소형셀은 파워가 켜진 모바일 기기가 커버리지 내에 있는지 항상 인지할 수 있는 유일한 홈 디바이스이다. 사용자의 출입을 사용자의 개입 없이 자동으로 알 수 있기 때문에 출입 알림 서비스 또는 자동 싱크, 메신저나 소셜 사이트에 사용자의 위치를 자동으로 업데이트하는 등의 여러 가지 활용이 가능하다.

다. 홈 네트워크 게이트

소형셀은 모바일 네트워크 연결과 홈 네트워크 연결을 모두 가지고 있으므로 사용자가 커버리지 내에 있든 외부에 있든 사용자와 홈 네트워크를 연결하는 “personal pipe” 역할을 할 수 있다. 따라서 사용자가 홈 네트워크 외부에 멀리 떨어져 있는 상황에서도 원격으로 홈 네트워크에 접속하여 집안에 있을 때와 동일한 서비스를 사용할 수 있다.

라. 서비스 플랫폼

소형셀은 모바일 네트워크 사업자에 의해서 관리되므로 사업자가 모바일 기기뿐만 아니라 다양한 홈 네트워크 기기에 서비스를 제공할 수 있는 플랫폼이 될 수 있다.

마. Local traffic injection point

소형셀은 모바일 기기로 전송되는 모든 로컬 트래픽이 집중되는 장비이다. 따라서 가족 인터넷, 홈 브로드캐스팅, 실내 push-to-talk 서비스 등이 가능하다. 또한 상점에서 상품정보나 행사 정보를 커버리지 내 사용자에게 전송하는 서비스에도 활용할 수 있다. 뿐만 아니라 소형셀은 각 사용자의 개인화된 정보를 수집할 수 있으므로 개인 맞춤 서비스에 다양한 활용이 가능하다.

바. 모바일 네트워크

소형셀은 WiFi AP와 유사해 보이지만, WiFi 인터페이스를 켜고, 끄고, AP를 선택하는 등의 사용자의 개입없이 서비스를 제공할 수 있다는 큰 차이점이 있다. 대부분의 사용자 단말의 모바일 망 인터페이스는 항상 켜져 있기 때문에 사용하던 서비스를 끊김 없이 연속적으로 제공할 수 있으며, 단말이 셀룰러와 WiFi 인터페이스를 모두 가지고 있는 듀얼 모드 단말일 필요도 없다.

소형셀은 서비스 측면에서 모바일/홈 네트워크 브리지, Presence, 홈 네트워크 게이트, 서비스 플랫폼, Local traffic injection point, 모바일 네트워크, 소셜 네트워킹 도구의 특징이 있으며, 이를 기반으로 새로운 서비스를 제공할 수 있다.

인 연구가 이루어졌다. 2015년 2월에 발간된 Release 5 <Rural & remote>에서는 일반적인 통신서비스가 이루어지지 않는 시골, 재해/재난, 전장, 해상, 항공과 같은 환경에서의 소형셀 설치에 관한 내용을 다루고 있다. 가장 최근인 2015년 6월에 발간된 Release 5.1 <Virtualization>에서는 네트워크 기능 가상화를 소형셀에 적용하는 방안에 대한 연구내용을 담고 있다.

사. 소셜 네트워킹 도구(Social networking tool)

소형셀은 소형셀 간 정적 / 동적인 grouping을 통해 소셜 네트워킹 도구로 활용될 수 있다. 예를 들어 단순히 하나의 소형셀에서 사용자의 출입을 알려주는 서비스를 확장하여 자녀가 소형셀 그룹에 속해있는 친구의 집에 도착, 출발할 때 부모에게 알려주는 서비스 등이 가능하다.

적인 측면에서의 분석 및 소형셀 네트워크 구조와 3GPP 표준에 관련된 내용을 포함하고 있다. 2013년 12월에 발간된 Release 2 <Enterprise>에서는 일반적인 사무실 환경에 설치되는 enterprise 소형셀에 대한 기술, 서비스, 설치, 사업적인 측면에서의 분석 등을 담고 있다. 2014년 2월에 발간된 Release 3 <Urban foundation>을 통해 이전보다 셀의 크기가 커진 도시 규모의 urban 소형셀에 대한 연구가 시작되었으며 2014년 6월에 나온 Release 4 <Urban>에서 urban 소형셀 서비스에 대한 구체적인 연구가 이루어졌다.

2. 소형셀 관련 연구

소형셀 설치가 확대됨에 따라 여러 연구가 진행되고 있는데, 이 중 매크로셀에서 소형셀로 오프로딩하는 방법, 소형셀 설치로 인한 cross- and co-tier interference, 소형셀 백홀망 이용 오프로딩 방법, 소형셀 가상화에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

가. 소형셀 오프로딩

HetNet 환경에서 모바일 기기가 매크로셀에서 소형셀로 오프로딩 하는 방법에 대한 다양한 연구가 진행되었다. 오프로딩 기법의 성능을 비교분석한 연구에서는 각각 power control, 소형셀 설치, biasing을 이용한 오프로딩 기술의 성능을 비교분석하여 소형셀의 채널 조건이 좋은 곳에 소형셀을 설치해야 오프로딩 비율이 높아지는 것을 보여주었다. 또한, power control을 통한 오프로딩은 큰 효과가 없음을 보여줬고, biasing을 통한 오프로딩은 outage 확률 증가를 방지하기 위해서 피해야하는 것을

IV. 소형셀 연구 현황

1. 소형셀 포럼 현황

소형셀 포럼은 소형셀에 관련된 이슈를 다루기 위해 2007년에 시작되었다. 소형셀 포럼에서는 2013년 2분기 Release 1 <Home>을 시작으로 2015년 2분기 Release 5.1 <Virtualization>까지 발간되었다. 2013년 2월에 나온 Release 1 <Home>에서는 일반적인 가정과 작은 사무실에 설치되는 home 소형셀에 대한 기술, 서비스, 사업

확인하였다^[8]. 다른 연구에서는 heterogeneous cellular network (HCN)에서 QoS를 유지하면서도 전체 에너지 소비를 최소화하는 오프로딩 방법에 대해서 제안하였다. 또한, 에너지 관점에서의 오프로딩 문제를 discrete-time Markov decision process(DTMDP)로 모델링한 후, 이 문제를 풀기위한 QC-learning 방법을 제안하였다^[9].

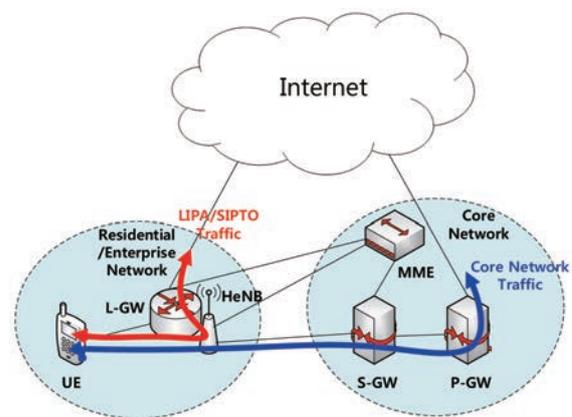
나. Cross- and co-tier interference 해결

HetNet에서는 매크로셀과 소형셀의 주파수대역 공유, 계획되지 않은 소형셀 설치로 인해 네트워크 성능을 저하시키는 Cross- and co-tier interference가 발생하는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 소형셀 power control, 주파수 자원할당 등의 관점에 연구가 진행되고 있다. Power control 관점의 연구 중에서 하나는 매크로셀이 소형셀 사용자로부터 받는 interference 값을 지정하는 방법을 제안하고 있다. 이때 각 interference 값은 tolerable aggregate interference 값이 정해진 상태에서 utility를 최대로 하는 값을 결정하고, 정해진 값은 backhaul 링크를 통해 소형셀로 전송되면 각 소형셀 사용자는 이러한 interference값을 토대로 각 소형셀 사용자의 utility를 최대로 하는 power 할당 계획을 설계한다^[10]. 다른 연구에서는 정해진 power constraint 하에 매크로셀과 소형셀 각자의 capacity를 최대로 하는 power 할당 문제를 Stackelberg game으로 모델링하였다. Stackelberg game은 leader, follower의 2 그룹으로 나누고 leader 그룹의 정한 값에 따라 follower 그룹의 값이 영향을 받는 방식이며, 이 논문에서는 매크로셀을 leader 그룹, 소형셀을 follower 그룹으로 나누어 모델링하였다^[11]. 주파수 자원할당 관점의 연구에서는 소형셀과 가까이있는 매크로셀 사용자 집합의 QoS를 보장하면서도 다른 매크로셀 사용자 집합에 대한 interference를 제한하는 조건 하에서 모든 소형셀 사용자의 transmission rate 합을 최대로 하는 주파수 자원할당 방법을 제안하였다^[12].

소형셀에 관련된 이슈를 다루기 위한 소형셀 포럼이 2007년에 시작되었고, 연구결과를 Release 1 (Home), Release 2 (Urban), Release 3 (Urban Foundation), Release 4 (Urban), Release 5 (Rural & Remote) Release 5.1 (Virtualization)의 문서로 발간하였다.

다. 소형셀 백홀망 이용 오프로딩

3GPP에서는 <그림 3>과 같이 소형셀을 활용하여 코어망으로 가는 트래픽을 소형셀 백홀망으로 오프로딩하는 방법인 local IP access(LIPA)/selected IP traffic offload(SIPTO)을 제시하고 있다. LIPA/SIPTO에서는 트래픽이 evolved packet core (EPC)를 통하지 않고 L-GW를 통해서 local/enterprise 망 또는 Internet 망으로 바로 전달된다^[13]. 이러한 LIPA/SIPTO를 기반으로 다양한 오프로딩 알고리즘 연구들이 진행되고 있다. LIPA/SIPTO 관련 연구 중 하나는 EPS 베어러 단위로 오프로딩을 수행하는 알고리즘 제안하였다. 제안한 알고리즘에서는 오프로딩 플래그를 통해 각 베어러마다 오프로딩 여부를 알 수 있다^[14]. 또다른 연구에서는 user equipment(UE) 또는 access point name(APN) connection 단위로 한 DNS 기반 오프로딩 트래픽 제어기법을 제안하였다. 이 기법에서 오프로딩 결정은 네트워크 사업자 코어망에서, 즉 네트워크 사업자 DNS에서 하고, 오프로딩 정책은 HeNB에 제공되어 오프로딩이 이루어진다^[15]. 다른 연구에서는 기존 SIPTO를 이용한 오프로딩 알고리즘에서 로컬 서비스를 오프로딩할 경우, UE와 지리적/구조적으로 가까이 있는 PDN gateway(PGW)를 선택하여 최적의 오프로딩 경로를 선택하지 못하는 문제점을 해결하기 위해



<그림 3> LIPA/SIPTO

enhanced gateway reselection 기법을 제안하였다^[16]. 다른 LIPA/SIPTO 기반 연구에서는 로컬 데이터 패킷을 인지하기 위한 detection radio bearer (DeRB)과 이를 manage 하기 위한 Home MME module (HMME) 를 제안하였다. HMME는 DeRB 설정하여 코어망 element와 통신 없이 LIPA를 위한 radio bearer를 만들고, 로컬 데이터 패킷은 특별히 설계된 traffic flow template (TFT) 를 통해 DeRB로 mapping 되어 로컬 데이터 패킷임이 인지된다. 로컬 데이터 패킷이 인지되면, DeRB는 로컬 데이터 radio bearer로 전환되며 이를 통해 로컬데이터는 전송된다^[17]. 마지막으로 오프로딩 트래픽 결정 알고리즘을 제안하는 연구에서는 기존 LIPA/ SIPTO 기반 연구에서 주로 오프로딩 네트워크구조, 방법을 제안하고 있는 것과 달리, 구체적인 오프로딩 트래픽을 결정하는 알고리즘을 제안하고 있다. 먼저, local/enterprise 망 또는 Internet 망 부하 및 오프로딩 선호도에 따른 오프로딩 비율을 정한 후, 각 QoS 파라미터의 사용자 및 베어러의 우선순위에 따라 오프로딩할 베어러의 순위를 결정하여 정해진 오프로딩 비율만큼 오프로딩을 한다^[18].

소형셀 관련 연구는 매크로셀에서 소형셀로 오프로딩하는 방법 연구, 소형셀 설치로 인한 cross-and co-tier interference 해결 연구, 소형셀 백홀망 이용 오프로딩 방법 연구, 소형셀 가상화 연구가 이루어지고 있다.

상화는 소형셀의 복잡도와 로드를 줄이기 위해 기존 소형셀의 기능을 물리적 기능(physical network function, PNF), 가상화 기능(virtualized network function, VNF)을 분리해 복잡도가 높은 function을 centralized 해서 이를 수행하는 가상화된 소형셀에 두고 실제 물리적인 소형셀에는 최소한의 PNF를 두는 것을 의미한다. <그림 4>에서는 enterprise 소형셀에서의 가상화 예를 설명하고 있다. 그림과 같이 가상화된 소형셀의 function은 enterprise의 WAN service provider(SP)에 의해 네트워

크 사업자의 네트워크, 데이터 센터 또는 소형셀 네트워크에 호스팅될 수 있다.

소형셀 포럼에서는 ETSI의 network function virtualization(NFV)를 소형셀 네트워크 function에 적용하는 문

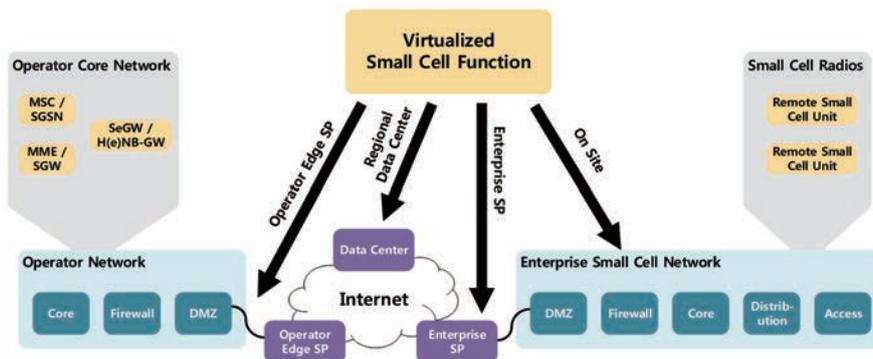
제, 소형셀 가상화를 business 측면에서 분석한 성능요구조건 및 가능성, 소형셀 가상화에서의 functional split 과 소형셀 deployment case에 따른 소형셀 가상화 use case, 소형셀 가상화가 커버리지와 네트워크 용량에 미치는 영향, 가상화된 소형셀 네트워크 architecture 및 management 등에 대한 연구를 진행하고 있다^[19].

라. 소형셀 가상화(Virtualization)

모바일 데이터 밀도가 증가함에 따라 소형셀에서 처리해야 되는 기능의 복잡도가 증가하게 되고 이러한 문제를 해결하기 위해 소형셀 가상화가 대두되었다. 소형셀 가

V. 결론

모바일 데이터 트래픽의 증가에 대응하기 위해 등장한 다양한 기술 중 하나인 소형셀은 네트워크 용량을 증가



<그림 4> Enterprise 소형셀 가상화 예



시키고 음영지역을 커버하기 위해 제안되었다. 소형셀은 커버리지 및 설치장소에 따라 펌토셀, 피코셀, 마이크로셀, 메트로셀 혹은 home, enterprise, urban, rural & remote 셀로 분류되며, 기술적, 서비스적인 측면에서 고유의 특성을 지닌다. 소형셀에 관련된 이슈를 다루기 위한 소형셀 포럼이 시작되어 2013년부터 소형셀에 관한 Release 문서가 발간되고 있다. 소형셀의 설치가 증가함에 따라 소형셀 오프로딩, interference 문제, LIPA/SIPTO, 소형셀 가상화 등 소형셀에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다.

향후 5G 네트워크에서는 네트워크 용량 및 커버리지 개선으로 인한 네트워크 성능 향상, 코어망 부하분산 효과 등 기술적인 측면에서의 역할 뿐만 아니라, 로컬 네트워크와 모바일 네트워크를 연결하는 브릿지의 특성으로 인해 서비스 측면에서도 새로운 서비스 제안을 위한 플랫폼 역할이 기대된다.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부의 정부출연금사업의 일환으로 수행하였음. [15ZI1110, 트래픽 용량 증대를 위한 액세스 네트워크 원천기술 연구]

참고 문헌

- [1] Cisco white paper, "Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2014–2019," February 2015.
- [2] Small Cell Forum Release 5 Document 050.05.1.01, "Market Status Statistics June 2015 – Mobile Experts," June 2015.
- [3] Small Cell Forum Release 1 Document 046.01.01, "Small Cell Services," February 2013.
- [4] Small Cell Forum Release 1 Document 050.01.01, "Small Cell Market Status," February 2013.
- [5] Alcatel-Lucent strategic white paper, "Metro Cells: A cost-effective option for meeting growing capacity demands," 2011
- [6] Small Cell Forum Release 1 Document 002.01.03, "Regulatory Aspects of Femtocells," December 2012.
- [7] F. Chiussi, Airvana white paper, "Femtozone Applications & Services," May 2010.
- [8] H. ElSawy, E. Hossain, and S. Camorlinga, "Traffic Offloading Techniques in Two-Tier Femtocell Networks," in Proc. ICC 2013, June 2013
- [9] X. Chen, J. Wu, Y. Cai, H. Zhang and T. Chen, "Energy-Efficiency Oriented Traffic Offloading in Wireless Networks: A Brief Survey and a Learning Approach for Heterogeneous Cellular Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 33, no. 4, pp. 627–640, April 2015.
- [10] X. Kang, R. Zhang and M. Motani, "Price-Based Resource Allocation for Spectrum-Sharing Femtocell Networks: A Stackelberg Game Approach," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 30, no. 3, pp. 538–549, April 2012.
- [11] S. Guruacharya, D. Niyato, D. I. Kim and E. Hossain, "Hierarchical Competition for Downlink Power Allocation in OFDMA Femtocell Networks," IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 12, no. 4, pp. 1543–1553, April 2013.
- [12] L. Li, C. Xu and M. Tao, "Resource Allocation in Open Access OFDMA Femtocell Networks," IEEE Wireless Communications Letters, vol. 1, no. 6, pp. 625–628, December 2012.
- [13] 3GPP TR 23.829 V10.0.1, "3GPP technical specification group services and system aspects; local IP access and selected IP traffic offload," 2011, 10.
- [14] L. Ma, W. Li, "Traffic Offload Mechanism in EPC Based on Bearer Type," in Proc. WICOM 2011, September 2011.
- [15] K. Samdanis, T. Taleb, and S. Schmid, "Traffic Offload Enhancements for eUTRAN," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 14, no. 3, pp. 884-896, third quarter, 2012.
- [16] N. Katanekwa and N. Ventura, "Mobile Content Distribution and Selective Traffic Offload in the 3GPP EPS," in Proc. ICOIN 2013, January 2013.
- [17] C. Chang, C. Liu, H. Chao, and K. Huang, "A Novel LIPA Scheme for LTE VoIP Services with Home eNBs," in Proc. IMS 2013, July 2013.



[18] [1] S. Q. Lee, H. R. Cheon, S. H. Kang and J. H. Kim, "Novel LIPA/SIPTO Offloading Algorithm according to the Network Utilization and Offloading Preference," in Proc. ICTC 2014, Oct. 2014

[19] Small Cell Forum Release 5.1 Document 106.05.1.01, "Virtualization for Small Cells: Overview," June 2015.



천혜림

- 2006년 2월 아주대학교 전자공학부 졸업
- 2011년 3월~현재 아주대학교 전자공학과 석박사통합과정

〈관심분야〉
무선인터넷 QoS, MAC 프로토콜, Full duplex, OFDMA, 소형셀, LIPA/SIPTO 등



김재현

- 1991년 2월 한양대학교 전산공학 공학사
- 1993년 2월 한양대학교 전산공학 공학석사
- 1996년 2월 한양대학교 전산공학 공학박사
- 1997년 4월~1998년 6월 미국 UCLA 전기전자과 박사 후 연수
- 1998년 11월~2003년 2월
Bell Labs, Performance Modeling and QoS Management Group 연구원
- 2003년 3월~현재 아주대학교 전자공학과 교수

〈관심 분야〉
무선인터넷 QoS, MAC 프로토콜, IEEE 802.11/15, B4G/5G, 국방 전술네트워크, 위성통신 및 시스템 설계 등



이승규

- 1988년 2월 중앙대학교 전산학 이학사
- 1990년 2월 중앙대학교 전산학 이학석사
- 2007년 8월 고려대학교 전산학 이학박사
- 1990년 2월~현재 한국전자통신연구원 책임연구원

〈관심분야〉
5세대 이동통신 시스템, 소형셀 시스템, 서비스 플랫폼, 네트워크 기능 가상화, 모바일 엣지 컴퓨팅 등