

# 5G NR 기반 개방형 스몰셀 기술 동향

## Trend of 5G NR Based Open Small Cell Technologies

문정모 (J.M. Moon, jmmoon@etri.re.kr)

미래이동통신연구본부 책임연구원

박용직 (Y.J. Bahg, yjbahg@etri.re.kr)

미래이동통신연구본부 책임연구원

황현용 (H.Y. Hwang, hyhwang@etri.re.kr)

미래이동통신연구본부 책임연구원

나지현 (J.H. Na, jhna@etri.re.kr)

미래이동통신연구본부 책임연구원/기술총괄

- I. 서론
- II. 스몰셀 기지국 정의
- III. 스몰셀 관련 연구 동향
- IV. 스몰셀 관련 제품 동향
- V. 스몰셀 관련 후보 기술
- VI. 결론

The paradigm of mobile communication technology has changed from an increase in transmission capacity to service-based technologies satisfying various types of service requirements. One of the new paradigms is a service that provides users with a QoE (Quality Of Experience (QoE), at anytime and anywhere. 5G defines various technologies such as dense network structures and beam selection for increasing the transmission capacity and ensuring the quality of experience so as to satisfy this requirement, and related research is underway. In this paper, we describe the definition of a 5G small cell and 5G network structure as well as research trends of standardization and related technologies for constructing optimal solutions for mobile users in dense networks based on small cells.

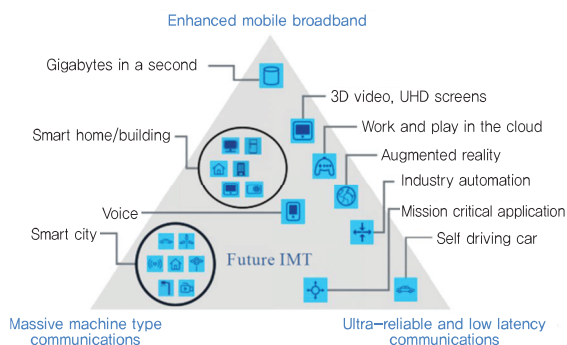
\* DOI: 10.22648/ETRI.2018.J.330504

\* 이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임[No.2018-0-01659, 5G NR 기반 지능형 오픈 스몰셀 기술 개발].

## 1. 서론

기하급수적으로 증가하던 이동통신망의 트래픽은 최근 들어 증가세가 둔화되고 있지만, 여전히 선형적으로 증가하고 있으며, 서비스 영역은 기존의 사람 중심의 데이터 소비 구조에서 사물까지 확대되는 서비스 현상을 보이고 있다[1]. 4G는 대용량 데이터 서비스 제공을 목적으로 하였지만 5G에서는 다양한 분야의 서비스들을 정의하고 이 서비스들의 특징을 분석하여 대용량 이동 광대역(eMBB: enhanced Mobile Broadband) 서비스, 초저지연 고신뢰(URLLC: Ultra-Reliable and Low Latency Communications) 서비스와 대량 사물통신(mMTC: massive Machine Type Communications) 서비스와 같은 3가지의 서비스로 정의하였다. 이를 기준으로 각 세부 서비스들을 (그림 1)과 같이 분류하고 있다[2].

5G에서도 이전 세대의 특징과 마찬가지로 기존의 전통적인 대용량 서비스를 하나의 대표적인 서비스로 분류하고 있다. 최근 들어 가상현실 및 증강현실과 관련된 서비스들이 유선망을 통해 상용화가 되고 있으며, 가상현실의 진화 단계를 기준으로 Entry 수준의 Full view 8K 2D 비디오인 경우 25Mbps를 요구하고 있으며



(그림 1) IMT-2020 사용 예

[출처] Reprinted with permission from ITU, "IMT Vision - Framework and Overall Objectives of the Future Development of IMT for 2020 and Beyond," Recommendation ITU-R M, 2083, 2015.

Ultimate 수준의 가상현실은 Full view 24K 3D 비디오로 1~2,35Gbps를 요구하고 있다[3]. 이러한 대용량 이동통신 서비스를 5G에서 수용하기 위하여 3GPP는 LTE-A Pro 기술을 진화시키는 방향과 신규 무선 접속 기술인 NR(New Radio)을 정의하는 방향으로 표준화를 진행하고 있으며, 무선 전송 기술의 진화뿐만 아니라 5G 코어 망에서도 새로운 서비스를 수용하기 위한 망 구조의 정의 및 기능 정의 작업도 진행 중에 있다. 5G에서는 단순 최대 전송 용량 증대와 더불어 사용자가 어떤 지역에 있더라도 지속적으로 서비스 품질을 제공해야 하며, 사용자가 요구하는 다양한 서비스를 제공해야 하는 사용자 체감 전송률에 대한 요구사항도 하나의 중요한 요구사항이다.

이러한 다양한 요구사항들을 만족하기 위하여 여러 기술들이 제안되고 있으며, 전송 용량 증대를 위한 하나의 후보 기술로 셀의 크기를 줄여 단위 면적당 셀을 많이 배치하는 스몰셀 구조가 있다. 하지만 셀의 크기가 작아짐에 따라 셀 간 간섭 문제가 높아지고 단말의 이동으로 인한 잦은 셀의 변경 등 부가적인 문제가 발생하며 이에 대한 연구가 LTE에서부터 진행되고 있다. 5G에서는 전송 용량 증대를 위한 스몰셀 구조를 기본 이동망 구조로 가정하고 있으며 스몰셀 구조에서 사용자의 위치와 관계없이 지속적인 서비스 품질 제공을 위한 기술들에 대한 연구들이 진행되고 있다.

스몰셀 기반의 5G망은 대용량의 데이터 전송 기능, 끊임 없는 체감 품질을 보장하면서 다양한 서비스를 동적으로 수용해야 하므로 셀의 동적 구성이 가능해야 하고 요구되는 서비스의 특성에 따라 동적으로 무선 자원의 할당 및 이동통신망의 구성이 가능해야 한다.

본고에서는 5G 스몰셀 기지국 정의, 스몰셀과 관련된 표준화 단계 동향, 기술 개발 동향 및 다양한 요구 사항을 만족하기 위한 스몰셀 관련 후보(Enabling) 기술들에 대하여 설명한다.

## II. 스몰셀 기지국 정의

스몰셀 기지국(이하 스몰셀)이란 기존의 수 km의 영역을 가지는 광역 기지국이 아닌 소출력을 이용하여 수백~수십 m의 영역을 가지는 기지국을 의미한다. 스몰셀 포럼에서는 면허 대역 및 비면허 대역에서 운영되는 사업자가 운영하는 기지국 범위 까지를 스몰셀로 정의하고 있다[4]. 스몰셀 포럼은 초기에 셀의 크기와 용도에 따라 가정형 펌토셀, 기업형 피코셀, 도심이나 시골에서 사용되는 메트로셀과 마이크로셀로 분류하였으며 가입자의 수용 용량으로도 분류하기도 한다. 스몰셀은 광역 기지국이 수용하지 못하는 음영 지역을 해소하기 위한 용도로 3세대 UMTS에서 소개되었으며, 4세대인 LTE 3GPP Rel. 9은 핫스팟 지역에서 데이터 트래픽에 대한 오프로드를 이용하기 위한 용도로 Home eNB를 다루었다. 3GPP Rel. 10과 Rel. 11에서는 스몰셀 기술로 정의되어 광역 기지국과 협력을 통하여 전송 용량을 증대할 수 있는 후보 기술이 되었으며, 5G에서는 용량 증대를 위한 기본 이동통신망 구조로 정의되고 있다.

현재 이동통신망은 셀간 간격(ISD: Inter Site Distance)이 도심 내 핫스팟 지역을 중심으로 수백 미터 내로 작아지고 있으며, 향후 지속적으로 셀의 크기는 조밀해 질것으로 예상하고 있다. 스몰셀 포럼에서는 2017년에 54% 정도의 조밀 혹은 매우 조밀한 배치를 구성했던 이동통신망의 셀 구조가 5G NR 기반의 mmWave를 적용하는 2025년에는 78%까지 증가할 것으로 예측하고 있다[5].

## III. 스몰셀 관련 연구 동향

### 1. 5G PPP 스몰셀 프로젝트

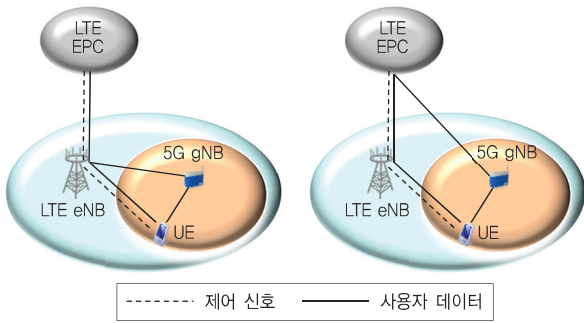
5G PPP는 유럽연합(EU)이 5G 기술개발을 위해 조직한 민관 협력 표준화 단체로 21개의 새로운 프로젝트들이 2017년부터 2단계가 진행 중이다. 유럽연합은 유럽 경쟁력 확보 프로그램인 'Horizon 2020'과 민관 합작

5G 촉진 체계인 '5G PPP'를 중심으로 5G 상용화를 추진하고 있으며 이를 위해 총 1조 8,000 억 원을 투자하고 있다. 유럽연합은 5G PPP를 통해 다양한 국제 협력을 진행하고 있고, 일본 외에 한국, 대만, 브라질 등으로 협력 범위를 확대하는 중이다. 5G PPP 중 '5G ESSENCE' 프로젝트는 1단계 'SESAME' 프로젝트의 후속 프로젝트로 5G 경험을 위한 embedded 망 서비스 제공을 목적으로 설립되었으며, 스몰셀 시장을 활성화하기 위한 에지 클라우드 컴퓨팅과 Small Cell-as-a-Service(SCaaS)를 목표로 과제를 진행 중에 있다[6]. '5G ESSENCE'는 중립(neutral) 호스트 시장을 창출하고 운영 비용을 줄이기 위한 유연하고 가변적인 플랫폼 제공을 목적으로 한다. '5G ESSENCE'는 지역성과 시급성을 가지는 서비스들에 대한 처리 능력을 향상시키고 무선 자원 관리 기능과 자율 구성 기능(SON: Self Organization Network)을 통하여 스몰셀 관리 기능을 촉진하는 연구를 진행하고 있다. 이를 위해 CECS (Cloud-Enabled Small Cell)들 내에서 분산 처리와 중앙에서 처리하는 2계층 처리 방식을 고려하고 있다. '5G PICTURE'는 통합적이고 가변적인 개방형 5G 망 구조 제공을 목적으로 하는 프로젝트로 현재 C-RAN이 가지는 폐쇄적이고 제조사의 의존적인 구조에서 벗어나 광을 포함한 유선부, 무선부와 컴퓨팅/저장소 내의 HW와 SW를 분리하여 자원들을 효율적으로 사용하는 Dis-Aggregated RAN(DA-RAN) 연구를 진행 중이다. 이 프로젝트에서는 5G 스마트시티 시나리오, 빔 트래킹과 massive MIMO를 이용한 밀집지역 시나리오와 RU 간 협력 통신을 수행하는 슈퍼셀을 통한 기차 시나리오에 적용하는 시연을 수행하였다[7].

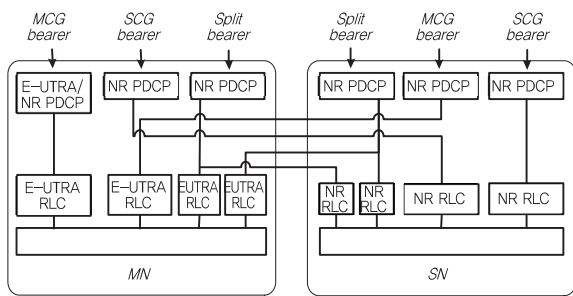
### 2. 3GPP 표준화 동향

#### 가. 스몰셀 관련 망구조

3GPP Rel. 15에서는 스몰셀을 적용하기 적합한 망구조로 Non-Standalone(NSA) 모델인 MR-DC(Multi-



(그림 3) Non-Standalone(NSA) EN-DC 네트워크 구조



(그림 4) EN-DC에서 망 측면의 베어러 종단 옵션

[출처] © 2018, 3GPP™ TSs and TRs are the property of ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA and TTC who jointly own the copyright in them. They are subject to further modifications and are therefore provided to you “as is” for information purposes only. Further use is strictly prohibited.

RAT Dual Connectivity) 구조 모델을 정의하고 있으며 한가지 후보 구조는 (그림 3) 과 같다[8]. 이 구조는 매크로 기지국인 4G LTE 기지국(eNB)과 일반적으로 스몰셀인 5G NR 기지국(gNB)은 모두 기존 4G LTE EPC와 연결되는 EN-DC(EUTRA-NR Dual Connectivity) 구조이다. EN-DC 5G NR 기지국(en-gNB)은 4G LTE EPC로부터 도움을 받는 ‘LTE Assisted’ 구조를 가진다. 4G 기지국(eNB)은 MN(Master Node)으로 동작하며 제어 평면을 위한 인터페이스(S1-C)와 사용자 평면을 위한 인터페이스(S1-U)를 모두 제공하고, 5G NR 기지국은 보조(secondary) 노드로 동작하고 사용자 평면을 위한 인터페이스(S1-U)를 4G 기지국 또는 EPC와 연결할 수 있다. 5G NR 기지국은 X2-U 인터페이스를 통해서

다른 5G NR 기지국들과 연결된다. 이 구조에서는 5G NR 기지국(en-gNB)을 핫스팟 지역에서 데이터 부스터 용도로 사용할 수 있다.

EN-DC 구조에서 UE는 MN RRC와 단일 RRC 상태를 가지며, 코어 네트워크와는 MN을 통한 단일 제어 연결을 유지한다. (그림 4)는 EN-DC에서 MCG, SCG, split 베어러들에 대한 망 측면에서 종단 옵션들이다. 사용자 트래픽을 전송하는 기본 단위인 베어는 RLC의 위치에 따라 eNB RLC를 이용하는 MCG 베어러, en-gNB RLC를 이용하는 SCG 베어러 및 PDCP에서 양쪽 노드로 베어러가 분기되는 split 베어러로 분류된다.

또 다른 DC 구조로 5G 코어망과 연동하는 E-UTRA-NR Dual Connectivity(NGEN-DC)와 NR-E-UTRA Dual Connectivity(NE-DC)가 있다. 첫째는 UE가 MN으로 동작하는 하나의 ng-eNB와 SN으로 동작하는 하나의 gNB에 연결되는 NGEN-DC 구조가 있다. 이 NGEN-DC 구조에서는 ng-eNB는 5GC에 연결되고 gNB는 ng-eNB에 Xn 인터페이스를 통해서 연결된다. 또 하나는 UE가 MN으로 동작하는 하나의 gNB와 SN으로 동작하는 하나의 ng-eNB에 연결되는 NE-DC 구조가 있으며 이때 ng-eNB는 5GC에 연결되고 gNB는 ng-eNB에 Xn 인터페이스를 통해서 연결된다.

#### 나. 논리적 RAN 구조

5G는 대용량 전송, 저지연 고신뢰 혹은 대량의 사물 통신 기기 등 다양한 서비스들을 지원하고 통신망 설치비(CAPEX)를 절감하기 위해 서비스 요구사항에 최적의 다양한 형태의 기지국 구조가 연구되고 있다. 4G LTE에서는 CAPEX를 줄이고 간접 제어를 효과적으로 처리하기 위해 기지국의 데이터 처리 부(DU: Digital Unit)와 무선 송수신부(RU: Radio Unit, RRH: Remote Radio Head)를 분리하여 DU는 중앙에서 처리하고 셀 사이트에는 RU만을 두는 Cloud RAN(C-RAN) 구조가

상용화되었다. C-RAN 구조에서는 기지국 DU에서 RU로 Baseband Digital IQ 데이터를 전송할 때 일반적으로 CPRI 규격의 광링크를 사용한다. 이러한 RU로 데이터를 보내는 경우에 많은 데이터 용량이 필요하다. 예를 들어, 10MHz의 IP 데이터를 보내는 경우에 614.4Mbps가 필요하고, 20MHz의 IP 데이터를 보내는 경우에 1.2Gbps 전송률이 필요하다. 따라서 5G RAN 구조에서는 광링크의 엄청난 부하를 줄이기 위하여 기지국을 Central Unit(CU)과 Distributed Unit(DU)과 분리하고, CU와 DU에 Functional Split를 적용하여 다양한 구조를 가질 수 있도록 설계하고 있다.

3GPP는 CU와 DU 사이에 여러가지 다양한 Functional split 옵션들에 대한 표준화를 진행하고 있으며 Functional split을 위한 옵션들은 프로토콜 계층간 혹은 프로토콜 계층 내에서 기능별로 분할하는 것으로 Option 1부터 Option 8까지 총 8개의 옵션들이 있으며 해당 옵션들은 (그림 5)와 같다[9].

현재 5G 기지국 구조에서 우선 고려되는 구조는 Functional split 옵션들은 option 2와 option 7이다. Option 2는 RRC, PDCP가 CU에 위치하고 RLC, MAC, physical layer와 RF는 DU에 위치한다. Option 7는 RRC, PDCP, RLC, MAC, 상위 physical layer가 CU에 위치하고 하위 physical layer DU에 위치한다.

CU와 DU 사이에서 NR 네트워크 프로토콜들을 분리

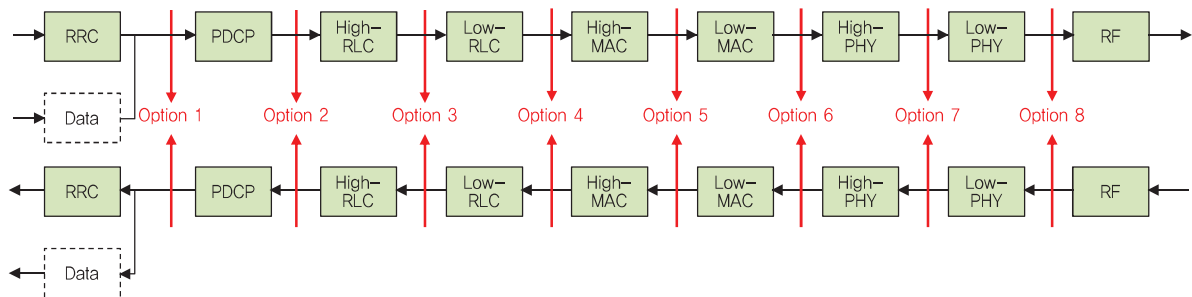
하고 이동하는 배치 유연성을 가지는 구조를 가지면 다음과 같은 장점을 가진다.

- 유연한 HW 구현은 비용 효율이 높은 솔루션 제공.
- CU와 DU 사이의 분리 구조는 부하 관리, 실시간 성능 최적화들의 조정이 가능하고, NFV/SDN을 가능하게 함.
- 구성이 가능한 functional Split은 다양한 응용예들(전송 상 가변적인 latency)에 적용이 가능.

### 나. 3GPP Open API

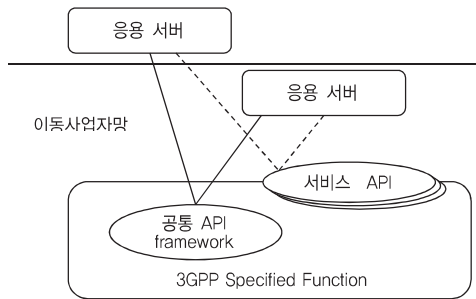
3GPP SA6에서는 Northbound API들을 위한 Common API(Application Programming Interface) Framework를 연구하였다. SA6 워킹 그룹은 응용 계층 기능 요소들과 인터페이스 등을 담당한다.

3GPP에서는 파트너들과 함께 다양한 범위의 표준화된 서비스들을 제공하는 것이 초창기 시절부터 목표였다. 3GPP가 이러한 목표를 달성하기 위하여 적극적으로 개발하지 않았던 영역은 ‘Northbound Application Programmer Interface(Northbound API)’ 레벨이다[9]. Northbound API는 응용 서버와 모바일 오퍼레이터 네트워크 내부의 특정 기능들을 통해서 제어되는 3GPP 시스템 사이의 인터페이스이다. 응용 서버는 (그림 6)과 같이 모바일 오퍼레이터 네트워크 내부에 위치할 수도



(그림 5) CU와 RU 사이의 Function Split

[출처] © 2018, 3GPP™ TSs and TRs are the property of ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA and TTC who jointly own the copyright in them. They are subject to further modifications and are therefore provided to you “as is” for information purposes only. Further use is strictly prohibited.



(그림 6) Northbound API와 응용 서버

있으며, third party에 의해서 모바일 오퍼레이터 네트워크 외부에 위치할 수도 있다.

다양한 서비스 공급자들과 함께 서비스들의 표준화된 집적화를 실현하기 위하여 Northbound API들은 응용 계층에서 interaction을 제공한다. (그림 6)에서 실선들은 northbound API들에 의해서 접속되는 모든 서비스들을 위한 인터페이스들을 의미하고, 점선들은 특정 서비스를 제공하는 특정 인터페이스들을 의미한다. 3GPP에서 northbound API들을 위한 계획은 OMA의 API들을 대체하기 위한 것은 아니다. OMA API 규격은 오퍼레이터들과 다른 서비스 제공자들이 오픈 및 프로그래밍이 가능한 방법으로 디바이스 기능과 네트워크 리소스들을 알려준다. 3GPP는 기존의 이용 가능한 OMA NetAPI 표준들을 사용 또는 포함하기 위하여 OMA와 협력하고 있다. Rel. 14에서는 ‘eMBMS Delivery of Media and TV Services’ 특징이 broadcasters에게 3GPP 시스템의 표준화된 인터페이스들 상에서 모바일 네트워크 오퍼레이터들에게 그들의 서비스들을 직접적으로 접근하는 능력을 제공하였으며 Rel. 15에서는 OneM2M release 2와 일치하기 위해서 3GPP는 northbound API들을 통하여 Cellular IoT와 MTC 능력을 직접적으로 알려주는 기능들을 포함하고 있다.

### 3. 스몰셀 포럼 서비스 API

스몰셀 기지국에서 부가가치 생성을 위한 버티컬 생태계 조성을 위하여 스몰셀 포럼에서는 스몰셀용 서비

스들과 이 서비스들을 위한 API를 정의하고 있다[10]. 스몰셀 포럼은 지역 기반 서비스, 콘텐츠 캐싱, 통합 통신들을 대표적인 스몰셀 서비스들로 정의하고 상위 소프트웨어 개발자들에게 스몰셀에서 API들을 제공하도록 설계하고 있다. 지역 기반 서비스는 해당 지역에 존재 여부에 대한 zonal presence, 스몰셀을 이용한 정밀 위치 측위, 해당 위치에 진입 시 지역 정보 스트리밍 서비스 등의 응용 예들이 있다. 콘텐츠 캐싱은 인터넷을 통한 정보들을 지역적으로 캐싱하고 중복하여 처리하는 서비스이다. 콘텐츠 캐싱을 위해 스몰셀은 지역으로 플로우 라우팅 기능, 지역 매핑 서비스, 지역에서 발생하는 데이터에 대한 수집 및 분석 및 에지 서버들의 기능이 추가되어야 한다. 통합 통신이란 스몰셀 포럼에서 기업형 스몰셀에 특화되어 새롭게 정의한 서비스로 다양한 통신 장치에게 추가적인 전송 용량과 보안을 제공하는 것이다. 통합 통신은 건물 내에서 높은 음질과 보안이 제공되는 음성 서비스의 제공, 하나의 장비를 이용한 PBX 서비스 및 이동 서비스 제공, 끊임 없는 빌딩 내 서비스 영역 제공 서비스들을 제공하는 것이다.

스몰셀에서 위와 같은 서비스들에 대해 정보를 제공하기 위하여 스몰셀 포럼은 XML(eXtensible Markup Language)과 JSON(JavaScript Object Notation) 페이로드를 가지는 RESTful 인터페이스를 이용하여 API들을 정의하고 있다[11]. 스몰셀 포럼은 각각의 operation들에 대해 메시지들과 응답들을 호출하기 위해 사용하는 HTTP URI들에 대한 API를 제공한다.

### 4. 기지국 가상화

5G 스몰셀이 제공하는 eMBB, mMTC, URLLC 서비스 고유의 요구사항을 개별적(Customized)으로 지원하기 위해서 3GPP는 가상화(Virtualization) 기술을 채택하고 있다. 즉, 5G 고유의 서비스들이 독립적으로 분할된 시스템의 인프라 자원을 사용하여 요구된 서비스 수

준과 내용을 사용자에게 제공하기 위한 방안으로 가상화 기술을 적용한 것이다.

스몰셀 기지국과 연동하는 3GPP 기반 5G 코어 망의 가상화에는 NFV(Network Function Virtualization) 방식이 적용되며 각 서비스에서 제시된 성능 및 용량을 제공하는 5G 코어 망 기능들을 동적으로 구성한다. 이를 위해서 NFV 환경은 5G 시스템의 물리적 하드웨어 자원에 대해서 가상화 기술을 적용하여 논리적으로 자원을 공유할 수 있고 동적으로 사용 가능한 인프라 자원 형태로써 가상 머신(VM: Virtual Machine)을 운용하며 가상의 논리적 자원 VM에 대한 할당 및 회수 절차를 관리한다. 5G 코어망은 NFV 기반의 VM을 이용하여 소프트웨어 형태의 AMF(Access Management Function), SMF(Session Management Function), NEF(Network Exposure Function) 등과 같은 네트워크 기능(VNF: Virtual Network Function)들을 제공한다.

코어망의 경우 NFV 기술 이외에 네트워크의 제어 계층과 트래픽 계층을 분리하기 위한 소프트웨어 정의 네트워크(SDN: Software Define Network) 기술도 적용한다.

NR 기반 액세스 네트워크를 구성하는 5G 스몰셀 기지국 또한 5G의 특징적 서비스를 제공하기 위해서 각각의 요구사항을 만족하도록 NG RAN 자원을 분할하여 운용하는 방식을 3GPP에서 정의하고 있다. 여기에는 NR 무선 자원의 분할과 NG 기지국 인프라 자원에 대한 논리적 분리가 포함된다. 인프라 자원의 경우 5G 코어망과 유사하게 NFV 기반의 가상화 방식이 적용될 것으로 예상된다. CP-UP 기능 분리가 포함된 CU-DU 분리 구조에서 가상화 기술을 활용한 VM 형태의 NG RAN 인프라 자원을 기반으로 CU 기능은 다양하게 분리된 SDAP, RLC, MAC 등의 프로토콜 기능을 VNF 형태로 제공할 수 있다. 그리고 몇 가지 가정이 전체되면 PHY 계층의 일부도 CU 즉, VNF 기반으로 구성이 가능하다.

#### IV. 스몰셀 관련 제품 동향

현재 5G 장비 시장은 초기 단계로 매크로 장비가 상용화 준비중에 있으며 2018년 12월에 최초로 매크로 장비를 이용한 5G 서비스가 시작될 예정이다. 4G 시장과 비교하여 보면 5G 스몰셀 장비 시장은 매크로 장비에 비해 늦게 시장이 형성될 것이라 예측되며 스몰셀 기지국을 위한 모뎀 개발 및 망 장비의 개발이 시작되고 있다.

매크로 기지국 시장을 보면 노키아에서는 60GHz 대역 기반의 무선 백홀을 이용한 5G-PON 솔루션 및 4G 시스템에서 5G 시스템으로 확장 가능한 AirScale Cloud RAN구조 제시하고 있으며 에릭슨은 퀄컴, 인텔과 협력을 통한 다중 안테나 지원 5G 기지국 장비 시연과 5G NR 기반의 실내용 무선 액세스 시스템인 Radio Dot 시스템 시연하였다. 화웨이는 텔레포니카와 함께 5G E2E(End-to-End) 네트워크 슬라이싱 기술을 이용한 업계 최초 VR 서비스 시연에 성공하였으며 삼성은 버라이즌에 28GHz 대역의 5G 고정형 무선 액세스 장비 납품 계획하고 있으며 3.5GHz 대역의 5G 기지국에 대한 제품도 공개하였다.

5G 스몰셀 기지국을 위한 모뎀 개발은 퀄컴, 인텔 등이 진행 중에 있다. 인텔은 4G에서부터 시작한 FlexRAN을 이용하여 기업형 이상급의 5G용 End-to-End 가상 RAN을 개발하고 있다[12]. FlexRAN은 인텔의 Xeon 혹은 Atom 프로세서를 기반으로 동적 네트워크 슬라이싱을 제공하며 소프트웨어 개발용 DPDK, L1 레퍼런스와 L2/L3 스택을 제공한다. 인텔은 Xeon, Atom과 FPGA가 포함되는 FlexRAN을 이용한 망제품을 2019년에 출시 예정이다. 퀄컴은 스몰셀용 NR 제품인 FSM100xx의 개발 계획을 런던에서 열린 스몰셀 포럼 월드 서밋 2018에서 발표했다[13]. 퀄컴은 스몰셀 기지국용 FSM100xx는 sub 6GHz 및 mmWave를 지원하고 낮은 전력 소모와 높은 성능을 실내 및 실외에서 보이며 Functional split을 지원하는 유연한 구조를 가지고 있

다. FSM100xx는 2019년에 샘플링을 시작하며 초기 모델이 출시 예정이다.

## V. 스몰셀 관련 후보 기술

5G의 전송 용량을 증대시키기 위한 후보 기술로 최대 전송 용량 증대, 단위 면적당 전송 용량 증대 기술 및 서비스 체감 데이터 전송률 제공 기술 등이 있다. 최대 전송 용량 증대 기술은 송수신 안테나 수의 증가, 코딩 기술(MCS) 등을 높이는 방법이 있으며 단위 면적당 전송 용량 증대 기술은 기지국의 셀의 크기를 줄여 단위 면적당 많은 셀들을 배치하여 주파수의 재 사용률을 높이는 기술 등이 있다.

서비스 체감 데이터 전송률을 보장하기 위해서는 사용자에 최적의 기지국 전송점들을 찾아 사용자 중심의 전송점들을 구성하는 기술이 필요하다. 이를 위해 사용자의 정확한 위치 측위가 중요하고 최적의 전송점 결정 알고리즘이 요구된다. 최적의 전송점 결정은 특히 mmWave의 경우 빔포밍 및 후보 빔 결정, 빔 스위칭 선택 알고리즘의 연구가 필요하며 빅데이터를 활용하여 최적의 전송점을 결정하는 것도 하나의 후보 기술이 될 수 있다.

LTE에서 EPS 베어러로 정의되는 서비스 품질 제어를 5G는 서비스 플로우를 기본으로 하고 있으며 서비스 플로우에 대한 데이터 무선 베어러(DRB: Data Radio Bearer) 매핑을 기지국의 선택 사항으로 정의하고 있다. 기지국내의 무선 자원 관리 기능과 스케줄러 기능에서 서비스 플로우에 대해 기지국의 무선 자원 상태를 고려하여 적절한 데이터 무선 베어러를 선택하고 최적의 무선 자원을 할당하는 서비스 인지형 크로스레이어 스케줄링 방법 또한 서비스 체감 데이터 전송률을 보장을 위한 방법이 될 수 있다.

또한, 5G는 다양한 서비스들을 수용해야 하기 위하여 5G 기지국은 각각의 서비스 요구사항에 대해 동적으로

구성되는 최적의 구조를 가져야 한다. 이러한 최적의 기지국 구조를 가지기 위해 기지국은 Functional split 구조를 지원해야 하며 기지국 가상화와 슬라이싱을 통한 맞춤형(Customized) 기지국 기능을 제공해야 한다. 5G 망은 서비스 기반 망으로 진화함에 따라 5G 기지국에서도 기지국의 접속 가입자 상태, 서비스 상태들을 서비스 제공자에게 제공하여 새로운 서비스 창출이 용이하도록 하는 개방형 기지국 구조를 지원해야 한다. 이러한 개방형 구조는 기지국이 API를 통하여 서비스 제공자에게 RAN 수준의 단말 무선 상태 및 무선 자원 정보 등을 제공함으로써 부가 가치가 높은 맞춤형 서비스들을 생성할 수 있게 하여 스몰셀 생태계의 선순환 구조를 만들 수 있을 것이다.

5G는 다양한 서비스와 대용량의 사용자 트래픽을 효율적으로 처리하기 위해 CU와 DU 구조를 정의하고 있다. CU는 가상화 개념을 적용하여 시스템을 분할하여 각 서비스에 적합한 기능을 실장하고 독립적인 자원들을 할당할 수 있도록 각 프로토콜 계층 및 기능 요소들은 모듈화 구조에 적합하도록 설계되어야 한다. 모듈화된 구조는 NFV를 수용할 수 있으며 특정 서비스에 특화된 엔터프라이즈급의 스몰셀 기지국의 경쟁력을 제공해 줄 수 있을 것이다.

## VI. 결론

최근 들어 이동통신 기술은 단순한 속도 경쟁에서 벗어나 다양한 요구사항을 만족하기 위한 서비스 중심의 기술들로 패러다임이 변경되고 있다. 새로운 패러다임 중 하나로 언제 어디서나 사용자에게 지속적인 체감 품질을 제공하는 서비스가 있다. 5G는 이 요구사항을 만족하기 위하여 전송 용량 증대 및 체감 품질 보장을 위한 밀집한 망 구조, 빔 선택 등 다양한 기술들을 정의하고 있으며 관련 연구를 진행 중에 있다. 본 고에서는 5G 스몰셀의 정의와 5G 망 구조에 대해 살펴보았고 스몰셀



기반의 밀집한 망 구조에서 사용자에게 최적인 셀들을 구성하기 위한 관련 기술들의 연구 동향 및 스몰셀 기지국 구조 연구에 대해 살펴보았다.

이를 통하여 서비스 체감 품질을 제공하기 위한 스몰셀 환경에서 사용자 위치를 이용한 셀 선택 및 스케줄링 알고리즘 등의 연구 방향과 다양한 서비스 특성을 수용할 수 있는 기지국 Functional split 구조 및 가상화를 기반으로 하는 기지국 구조 기술에 대한 필요성에 대하여 살펴보았다.

#### 용어해설

**5G NR(New Radio)** 3GPP에서 정의하는 모바일 광대역 서비스, 초 실시간 서비스, 대용량 사물통신 서비스를 제공하기 위한 단일하고 통일된 5G 무선 인터페이스.

**스몰셀 포럼(Small Cell Forum)** 작은 서비스 범위를 가지는 스몰셀과 관련된 스몰셀 장비의 설치 촉진, 상업 및 기술 장벽 제거, 규제 기관 및 지방 자치 단체와의 협력, 기업 파트너십, 새로운 비즈니스 사례 구축을 위한 협의체.

**사용자 체감 품질** 이동 통신망에서 사용자가 언제 어디서든 서비스 받을 수 있는 최소한의 데이터 전송 속도.

#### 약어 정리

5G PPP	5G Public-Private Partnership
API	Application Programming Interface
CAPEX	Capital expenditures
CECS	Cloud-Enabled Small Cell
DRB	Data Radio Bearer
DU	Digital Unit
eMBB	enhanced Mobile Broadband
EN-DC	E-UTRA-NR Dual Connectivity
FPGA	Field Programmable Gate Arrays
ISD	Inter Site Distance
MCG	Master Cell Group
mMTC	massive Machine Type Communications
MN	Master Node
MR-DC	Multi-RAT Dual Connectivity
NR	New Radio
NSA	Non-StandAlone

OMA	Open Mobile Alliance
PON	Passive Optical Network
RLC	Radio Link Control
RRC	Radio Resource Control
RRH	Remote Radio Head
RU	Remote Unit
SA6	Service and System Aspects 6
SCG	Secondary Cell Group
SON	Self Organization Network
URLLC	Ultra-Reliable and Low Latency Communications

#### 참고문헌

- [1] Nokia, "Ultra Dense Network (UDN) White Paper," Nokia Solutions and Networks, 2016.
- [2] [https://www.ramonmillan.com/documentos/bibliografia/5GUseCases\\_Nokia.pdf](https://www.ramonmillan.com/documentos/bibliografia/5GUseCases_Nokia.pdf)
- [3] HUAWEI, "White Paper on the VR-Oriented Bearer Network Requirement," 2016.
- [4] SCF, "Small Cells: What's the Big Idea?" SCF Report version 030.01.01, Feb. 2012.
- [5] SCF, "Small Cells Market Status Report December 2017." SCF Report version 050.10.01, Dec. 2017.
- [6] Ioannis and Chochliouros, "Promoting Small Cells-as-a-Service in Verticals: The "5G ESSENCE" Context," FITCE Workshop, Greece, Dec. 15, 2017.
- [7] <https://www.5g-picture-project.eu/>
- [8] 3GPP TS 37.340 "NR: Multi-Connectivity; Overall Description; Stage-2," June 2018.
- [9] 3GPP TR 23.722 V15.0.0, "Study on Common API Framework for 3GPP Northbound APIs (Rel. 15)," Jan. 2018.
- [10] SCF, 152.07.01, "Small Cell Services API," Jan. 2016.
- [11] SCF, 084.07.01, "Small Cell Zone Services RESTful bindings," Dec. 2013.
- [12] Intel, "Intel Paves Way for Service Providers to Quickly Monetize 5G with New Infrastructure Reference Design," Intel, June 12, 2018.
- [13] A. Turner, Qualcomm Claims World First with NR Solution for Small Cells," 5G.co.uk, 23, May 2018.