

нуждам, особенно тем, где обслуживание предсказуемо [4].

#### Заключение

В целом получение энергии из внешней среды - за исключением фотоэлемента - только развивающаяся отрасль, еще не приспособленная для промышленного применения. Тем не менее, улучшение существующих технологий может привести в перспективе к жизнеспособным решениям электропитания автономных беспроводных сенсорных сетей [6].

Благодаря таким характеристикам БСС, как миниатюрность узлов, низкое энергопотребление, встроенный радиоинтерфейс, достаточная вычислительная мощность, сравнительно невысокая стоимость, стало возможным их широкое использование во многих сферах человеческой деятельности с целью автоматизации процессов сбора информации, мониторинга и контроля характеристик разнообразных технических и природных объектов. БСС целесообразно применять в следующих предметных областях Интернета вещей [5]:

- мониторинг телекоммуникационной инфраструктуры сетей;
- мониторинг транспортных магистралей (железных дорог, метрополитена и др.), нефте- и газопроводов, инженерных сетей энерго- и теплоснабжения;
- контроль и анализ транспортных грузопотоков;
- экологический, биологический и медицинский мониторинг;
- автоматизация систем жизнеобеспечения в системах класса "Умный дом";
- выявление и предупреждение чрезвычайных ситуаций (мониторинг сейсмической активности и вулканической деятельности, анализ атмосферы и прогноз погоды для своевременного предупреждения о наступлении стихийных бедствий) и другие.

УДК 621.396

Ибраимов Р.Р., Ахмедов Б.И.

## Двойной доступ (EN-DC) при развертывании 5G по сценарию Non-Standalone

**Аннотация.** В статье обосновывается развертывание 5G на ранних стадиях по сценарию Non-Standalone. Поясняется процесс двойного доступа (EN-DC) в сеть, при организации сеанса связи. Приводятся модели обмена сигнальной информацией в общем процессе подключения в 5G по структуре предложенной Samsung, а также передачи команд сигнализации, добавление данных в EPC и обмена данными происходящими в UE, 5G-gNB, LTE-eNB и EPC.

**Ключевые слова:** Двойное подключение, развертывания, спецификация, базовая станция, пользовательские терминалы.

**Введение.** Наиболее популярная у операторов связи стратегия развертывания 5G заключается в совместном существовании сетей 4-го и 5-го поколений, при котором максимально используются инфраструктура, узлы и сетевые элементы 4G. В таких сетях модернизация происходит эволюционно, с одной стороны сохраняются инвестиции в строительство сетей LTE и широкая зона радиопокрытия, с другой - предоставляются клиентам новые услуги, базирующиеся на 5G. Подобная архитектура сети 5G получила название Non-Standalone (неавтономная) [1-3].

#### Литература

- [1] В. Гавриков. Модули от Powercast: Питание датчика от сотовой сети. НОВОСТИ ЭЛЕКТРОНИКИ № 7, 2015.
- [2] П. В. Галкин. Анализ энергопотребления узлов беспроводных сенсорных сетей. Технические науки Scientific Journal «ScienceRise» №2(2)2014
- [3] В. Майская. Альтернативные источники энергии. Освоение "даровой" энергии. ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес 8/2009.
- [4] А.В. Росляков, С.В. Ваняшин, А.Ю. Гребешков. Интернет вещей. Учебное пособие. Самара – 2015.
- [5] D. Davronbekov, U. Aliev, J.D.Isroilov Using the Energy of Electromagnetic Radiation as a Source of Power.
- [6] У.Т. Алиев. Использование энергии радиоизлучения в качестве автономного электропитания электронных устройств. Республика илмий-техник анжуманининг Маърузалар тўплами (2-ҚИСМ). Тошкент 2017 й.

#### Сведения об авторах

**Давронбеков Д.А.** к.т.н., доцент кафедры Технологии мобильной связи ТУТТ, Тел. (99)-804-24-00, Email: [d.davronbekov@tuit.uz](mailto:d.davronbekov@tuit.uz).

**Алиев У.Т.** - старший преподаватель кафедры Технологии мобильной связи ТУТТ, Тел. (97)-446-51-44

**Исроилов Ж.Д.** - старший преподаватель кафедры Технологии мобильной связи ТУТТ, Тел. (99)-880-50-57

#### Analysis of features of energy consumption of knots of wireless touch networks

**Summary.** In article possible options of the organization of power supply of nodes of wireless sensor networks, main types of power sources which are characterized by different density of power are considered. The analysis of dependence of density of power (before conversion) for different types of power sources is made. Connection of power, energy and frequency on the wireless sensor network is established.

**Keywords:** reliability, indicator, refusal, failure, element, component, device, system.

При развертывании 5G по сценарию Non-Standalone, необходима модернизация базовых станций сети 4G-LTE до уровня eLTE (или enhanced LTE) с целью поддержки расширенного функционала взаимодействия с базовыми станциями 5G (gNB). Стандартизация данного сценария (в рамках релиза 15 3GPP) была завершена в январе 2018г [2].

Важным аспектом сценария Non-Standalone является концепция двойного подключения (Dual Connectivity) (специфицированная 3GPP в релизе 12), подразумевающая подключение пользовательских терминалов (UE) в

состоянии RRC\_CONNECTED одновременно к двум базовым станциям (Master eNodeB и Secondary eNodeB). Ключевое отличие Dual Connectivity от агрегации частот заключается именно в подключении к двум различным базовым станциям, связанным посредством X2 интерфейса, и находящимся в общем случае на различных сайтах [3].

**Реализация Non-Standalone** требует усложнение пользовательских терминалов (UE), так как необходимо обеспечить одновременную работу двух модемов, при этом увеличивается размер буфера приема и возникает дополнительная нагрузка на процессорные ресурсы уровня PDCP для восстановления порядка следования пакетов (в случае режима MCG split bearer). Для опций 3, 4, 7, 8 вносится еще дополнительная задержка в передачу пакетов пользовательского трафика за счет использования интерфейса Xx [4].

Существуют различные опции сценарий внедрения 5G определяемые 3GPP. Опции 3/3a актуальны на ранних этапах строительства 5G (в виде точечного радиопокрытия) в географических зонах, где уже развернуты сети 4G-LTE. Они не требуют внедрения ядра NGCN (используется ядро сети LTE – EPC) и базируется на технологии двойного подключения. В качестве интерфейса, связывающего сети радиодоступа E-UTRA/NR и EPC, и переносящего пользовательский (User Plane) и сигнальный (Control Plane) трафик используется S1. Якорной точкой для терминации S1-MME являются базовые станции сети радиодоступа E-UTRAN (eNB)[5].

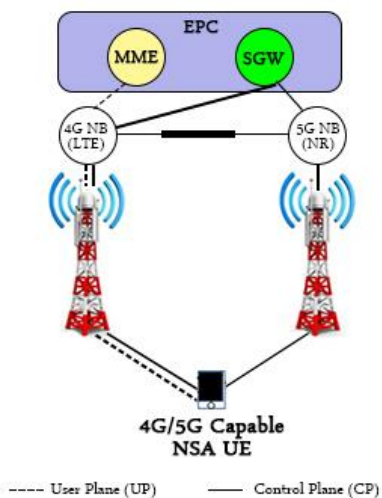


Рис.1 Упрощенная архитектура сети 5G по сценарию Non-Standalone

Двойное подключение UE специфицирована 3GPP в опции 3a [5,6], в которой:

- используется ядро сети LTE (EPC);
- пользовательский терминал (UE) имеет двойное подключение к 5G NR и E-UTRA;
- сигнальный трафик (Control Plane - CP) обрабатывается исключительно на eNB;
- точкой расщепления пользовательского трафика (User Plane - UP split bearer) является EPC;

- пользовательский трафик передается по двум маршрутам: EPC 4G eNodeB UE и EPC 5G gNodeB UE;
- интерфейс Xx используется для переноса трафика только Control Plane.

Структура подобного подключения (предложенная Samsung), приведена на рис.1, из которого следует, что пользователь 5G в узле B не имеет возможности подключиться к MME и базовой станции LTE для обмена сигнальной информацией. Поэтому для организации подключения к базовым станциям LTE и 5G NR предусматривается использовать UE [3].

Базовый процесс организации двойного подключения таким узлом происходит следующим образом:

1. UE подключается к сети LTE и сигнализирует о том, что может одновременно соединиться с сетями 4G и 5G.
2. Основная сеть проверяет возможность UE одновременно подключиться к сетям 4G и 5G, а в базовую станцию 4G передается уведомление о запрете подключения EC к сети 5G.
3. eNodeB активирует передачу сигнальной информации на 5G gNodeB.
4. 4G eNodeB и 5G gNodeB в узле связываются, чтобы передать сигнальную информацию на 5G gNodeB.
5. UE уведомляет о передаче сигнальной информации 5G через сообщение реконфигурации соединения RRC.
6. UE соединяется с сетью 5G, одновременно поддерживая подключение к сети 4G.

**Моделирование.** Модели потока данных сигнализации про организации двойного доступа, сгенерированные программой [EventStudio System Designer](#), приведены на рисунках [6-10]. Общий процесс организации двойного доступа показан на рис.2.

Процесс передачи команд сигнализации в 5G при двойном подключении EN-DC между 4G eNB и 5G gNB приведен на рис.3.

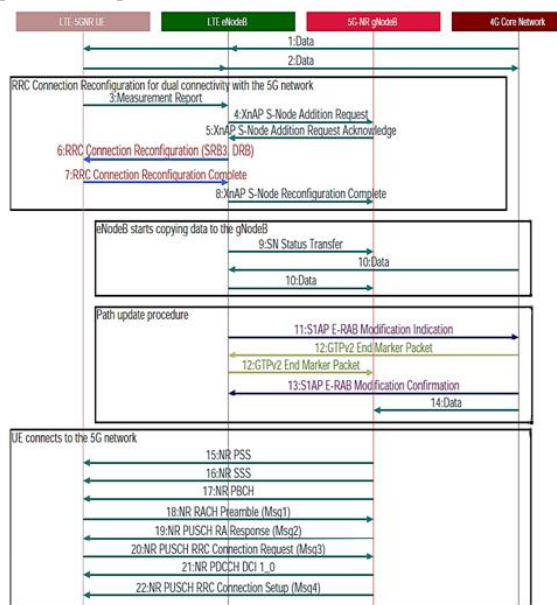


Рис.2 Общий процесс организации двойного доступа



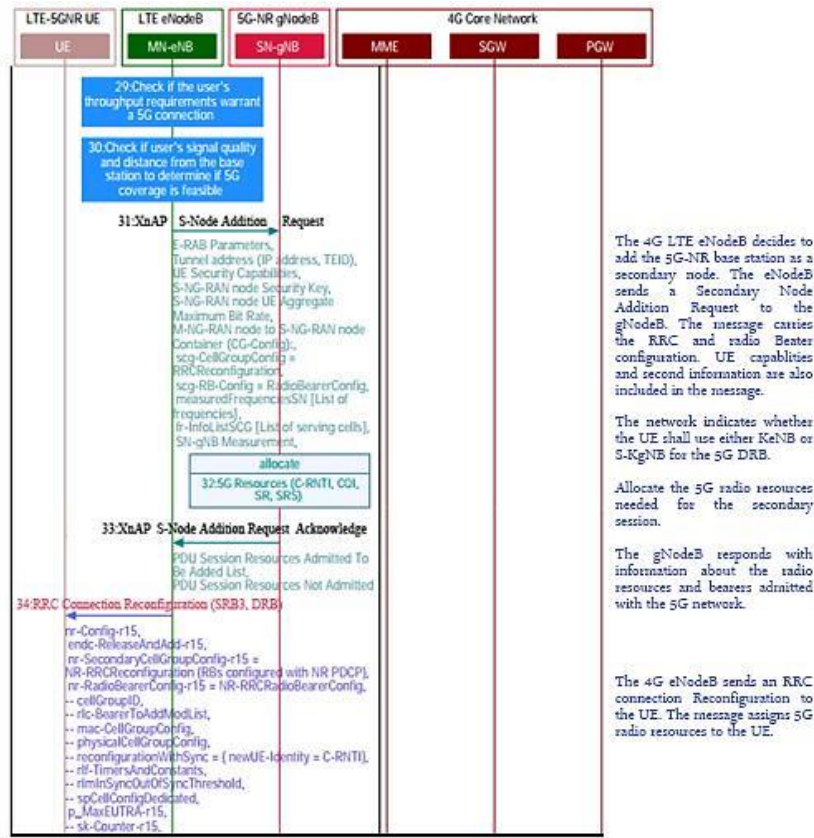


Рис.3 Процесс передачи команд сигнализации в 5G при двойном подключении EN-DC между 4G eNB и 5G gNB

Для того, чтобы 4G EPC поддерживал плоскость трафика 5G, необходимо обновление данных в нескольких сигнальных сообщениях EPC для поддержки сигнализа-

ции с более высокими скоростями передачи данных приняты в 5G.

На рис.4 показан процесс добавление данных в EPC для организации двойного доступа EN-DC.

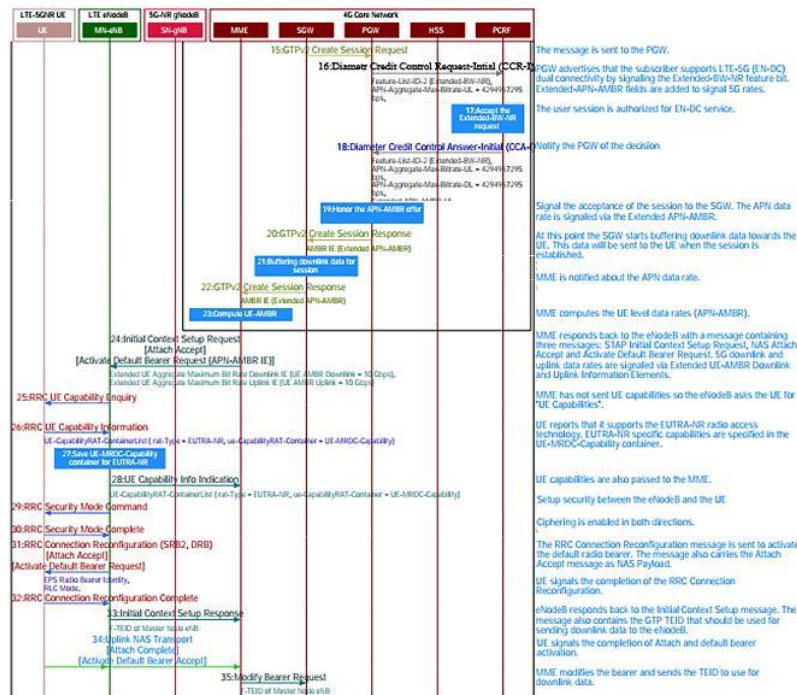


Рис.4 Процесс добавление данных в EPC для организации двойного доступа EN-DC



Процессы обмена данными, происходящие в UE, 5G-gNodeB, LTE-eNodeB и EPC при двойном доступе к EN-DC, приведены на рис.5,6,7 и 8.

В узле UE

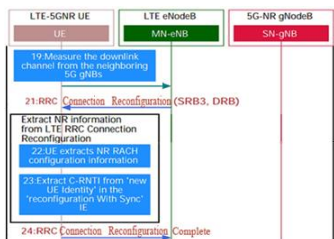


Рис.5 Обмен данными, происходящие в UE при двойном подключении к 4G-5G

В 5G-gNodeB

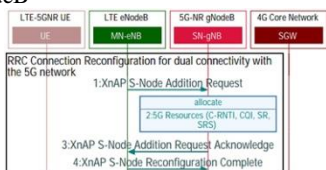


Рис.6 Обмен данными, происходящие в 5G-eNodeB при двойном доступе

В LTE-eNodeB

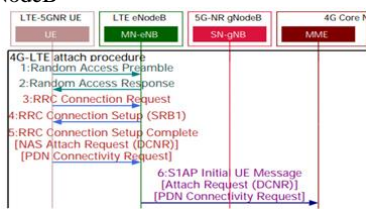


Рис.7 Обмен данными, происходящие в LTE-eNodeB при двойном подключении к EN-DC

В EPC

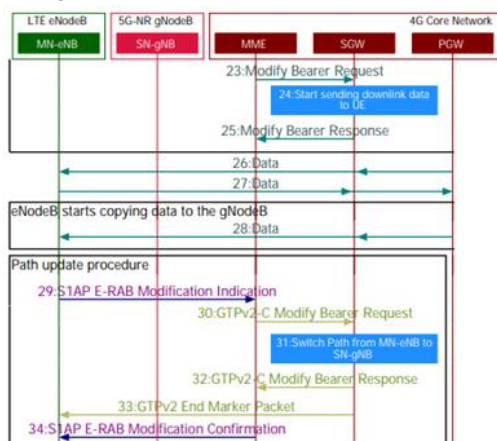


Рис.8 Обмен данными, происходящие в EPC на заключительном этапе настройки двойного подключения (EN-DC)

**Заключение.** На ранних этапах рекомендуется развешивать 5G по сценарию Non-Standalone, в которых предполагается совместное существование сетей 4-го и 5-го поколений с максимальным использованием инфраструктуры, узлов и сетевых элементов 4G. В этом случае модернизации сети происходит эволюционно, что позволяет сохранить сеть 4G и предоставлять клиентам новые услуги, базирующиеся на 5G.

В этом сценарии, при организации сеанса связи, используется технология двойного подключения UE, специфицированная 3GPP опцией 3a. По предложению Samsung, для организации двойного подключения к базовым станциям LTE и 5G NR следует использовать сам терминал пользователя UE.

Приведенные модели обмена сигнальной информацией в общем процессе двойного подключения в 5G по структуре предложенной Samsung, передачи команд сигнализации, добавление данных в EPC, а также обмена данными, происходящие в UE, 5G-gNodeB, LTE-eNodeB и EPC, позволяют наглядно представить весь процесс организации двойного доступа.

**Литература**

1. Release 12, March 2015; Enhanced Small Cells operation, Carrier Aggregation (2 uplink carriers, 3 downlink carriers, FDD/TDD carrier aggregation), MIMO (3D channel modelling, elevation beamforming, massive MIMO), MTC - UE Cat 0 introduced, D2D communication, eMBMS enhancements.
2. Release 15, End 2018; 5G Phase 1 specification.
3. 5G non-standalone access. <https://medium.com/5g-nr/>.
4. Архитектура сети 5G. [Technologii svyazi](https://techinfo.ru/). (5G network architecture. Communication technology) <https://techinfo.ru/>
5. Set' radiodostupa 5G. [Technologii svyazi](https://techinfo.ru/). (5G radio access network. Communication technology) <https://techinfo.ru/>
6. 3GPP TR 38.801 Study on New Radio Access Technology; Radio Access Architecture and Interfaces.
7. MEDATEK; 5G NR; A new Era for Enhanced Modile Broadband; White paper.
8. 3GPP TS 38.104. NR; Base Station (BS) radio transmission and reception.
9. 3GPP TS 38.213. NR; Physical layer procedures for control.
10. 3GPP TS 38.300. NR; NR and NG-RAN Overall Description; Stage 2.

**Сведения об авторах:**

**Ибраимов Рифат Рафикович**

к.т.н., Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий, Кафедра «Технологии мобильной связи», Доцент.

Телефон: +998 90 998 38 40

e-mail: [ibrefat@yandex.ru](mailto:ibrefat@yandex.ru)

**Ахмедов Бехруз Иброхим угли**

Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий, Кафедра «Технологии мобильной связи», ассистент.

Телефон: +998 99 877 19 92

e-mail: [bekaxmedov97@gmail.com](mailto:bekaxmedov97@gmail.com)

**R.R. Ibraimov, B.I. Akhmedov**

**Double access at expansion 5G according to the scenario Non-Standalone**

It justifies the deployment of 5G in the early stages of the Non-Standalone scenario. The process of dual access (EN-DC) to the network during the organization of a communication session is explained. The models of the exchange of signal information in the general connection process in 5G according to the structure proposed by Samsung are given, as well as the transfer of signaling commands, adding data to the EPC and exchanges of data occurring at UE, 5G-gNodeB, LTE-eNodeB and EPC.

**Keywords:** Dual connection, deployment, specification, base station, user terminals.