

От четвертого поколения к пятому: виртуализация, программно-определяемые сети и мобильные краевые вычисления

И.А. Белозерцев¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

*Адрес для переписки: ilya.belozercsev@outlook.com

Информация о статье

Поступила в редакцию 17.02.2022

Поступила после рецензирования 20.03.2022

Принята к публикации 21.03.2022

Ссылка для цитирования: Белозерцев И.А. От четвертого поколения к пятому: виртуализация, программно-определяемые сети и мобильные краевые вычисления // Труды учебных заведений связи. 2022. Т. 8. № 1. С. 66–72. DOI:10.31854/1813-324X-2022-8-1-66-72

Аннотация: *С ростом требований к мобильности и гарантированному качеству появились новейшие технологии с новыми возможностями, такие как сети 4G и 5G. Действительно, сети 4G неустанно стремятся улучшить предлагаемые услуги и гарантировать определенный уровень качества обслуживания (QoS). Стандарт 5G обещает сверхбыстрые скорости и прекращение перегруженности в мобильных сетях. Эта технология, как ожидается, произведет революцию в мобильных сетях и создаст новые экономические возможности. В этом контексте целью данной статьи является детальное сравнение технологий 4G и 5G. Таким образом, мы очерчиваем различные характеристики систем 4G, то есть их вклад и их поведение с точки зрения сохранения QoS. Также оценим эффективность виртуализации и мобильных краевых вычислений в современных сетях.*

Ключевые слова: *мобильные краевые вычисления, сети пятого поколения, низкая задержка, сетевая архитектура.*

Вводная часть

Мобильные сети движутся в неумолимом темпе, и они строятся вокруг двух стандартов: 4G и 5G. Действительно, 5G – это новый этап в развитии мобильных технологий, который обеспечит лучшую скорость и покрытие, чем нынешняя сеть 4G. 5G работает с сигналом 5 ГГц и настроен на скорость до 1 Гбит/с для десятков пользователей. Кроме того, 5G использует новый частотный диапазон, наряду с другими новыми технологиями, которые используют гораздо более высокие радиочастоты (28 ГГц по сравнению с 2,5 ГГц для 4G) для передачи большего количества данных с более высокой скоростью, уменьшенной загрузкой и меньшей задержкой. Этот новый интерфейс, использующий миллиметровый спектр волн, позволяет использовать больше устройств в пределах одного кластера; 4G может поддерживать около 4000 устройств на км², тогда как 5G будет поддерживать около миллиона. Это означает, что больше потоковых данных различных видеосервисов, голосовых вызовов и иных сервисов будут передаваться в мобильных сетях.

LTE

Технология LTE [1] – это проект, который был реализован 3GPP. Он обеспечивает очень высокую скорость передачи информации с большим количеством данных и меньшей задержкой. Как правило, LTE направлен на сокращение задержки в среде доступа, гибкое использование полосы пропускания и взаимодействие с существующими сетями. Теоретически можно достичь потоков около 50 и 100 Мбит/с в восходящей и нисходящей линиях связи, соответственно. Кроме того, он использует диапазоны волн шириной от 1,4 до 20 МГц, что позволяет получить теоретический «двойной» поток, который может достигать 300 Мбит/с. Фактически LTE отличается от 3G использованием технологий OFDM и MIMO, а также новой эволюцией системной архитектуры (SAE) [1]. SAE обеспечивает различные преимущества по сравнению с 3G-архитектурами, такие как улучшенная пропускная способность данных, архитектура all-IP, снижение задержки и снижение эксплуатационных и капитальных затрат. Кроме того, операторы связи могут,

благодаря этому стандарту, разрабатывать и делать различные потоки независимо от приложения: голос, интернет-серфинг, телевидение по IP, видео по запросу и т. д. Из-за этих преимуществ LTE использует OFDMA как метод доступа для нисходящей линии связи, гарантирующий спектральную эффективность 5 бит/с/Гц, и Single Carrier FDMA (SC-FDMA) для восходящей линии связи, предлагающий спектральную эффективность 2,5 бит/с/Гц.

LTE-Advanced

Технология LTE-A, рассматриваемая как реальный 4G, является эволюцией стандарта LTE: это LTE в 10-й версии 3GPP. Таким образом, он имеет почти те же характеристики, что и обычный LTE, за исключением того, что для восходящей линии связи он допускает поток 300 Мбит/с и для нисходящей линии связи – 1 Гбит/с, полоса пропускания становится около 100 МГц. Тем не менее, система LTE-A использует OFDMA для нисходящей линии связи и SC-FDMA – для восходящей. Он также использует MIMO (4×4, 8×8) в качестве продвинутой технологии для антенн [1].

Мобильное пакетное ядро на базе LTE Evolved Packet core (EPC) предоставляет функции мобильности для пользовательского оборудования (UE), а также обеспечивает качество обслуживания (QoS) [2], биллинг и контроль политики (рисунок 1). EPC также предоставляет услуги пакетной передачи данных на основе IP и позволяет соединить сеть радиодоступа (RAN) с остальными конвергентными голосовыми (например, VoLTE) и данными (такими, как потоковое видео) службами в сети. Кроме того, требования к использованию полосы пропускания различаются в разное время суток, что требует возможности контролировать пропускную способность по мере необходимости для повышения операционной эффективности сети. В рамках различных функций системы EPC Обслуживающий шлюз (SGW) и PDN-шлюз (PGW) обрабатывают пользовательские пакетные данные мобильных абонентов. Не так давно 3GPP представил архитектуру разделения плоскости управления и пользовательской плоскости (CUPS) в TS 23.714 (рисунок 2), а технические характеристики были завершены в TS 23.214/23.244. CUPS позволяет масштабировать возможности функции пользовательской плоскости путем архитектурного разделения функций управления и пользовательских данных в SGW/PGW с использованием интерфейса Sx. Такое разделение позволяет распределять и развертывать User Plane Function (UPF) независимо от плоскости управления. Например, несколько элементов UPF можно масштабировать в зависимости от их рабочих нагрузок, состояния интерфейса и/или требований абонентов к пропускной способности. Этот подход позволяет физически разместить UPF ближе к границе сети.

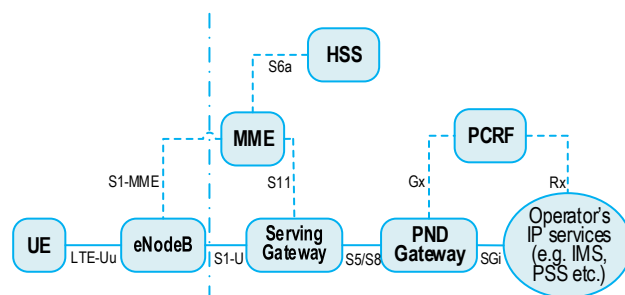


Рис. 1. Мобильное пакетное ядро на базе LTE Evolved Packet core

Fig. 1. Mobile Packet Core Based on LTE Evolved Packet Core

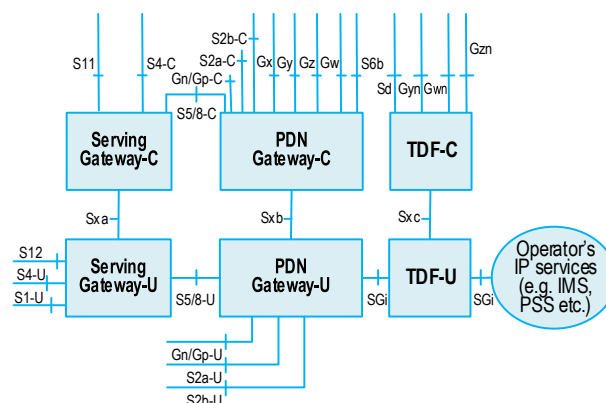


Рис. 2. Архитектура разделения плоскости управления и пользовательской плоскости (CUPS)

Fig. 2. Control and User Plane Separation of EPC nodes (CUPS)

Сравнение 4G и 5G

В настоящее время ожидается, что 5G будет внедрен в этом году. Большинство специалистов по беспроводной связи согласны с тем, что когда 5G заменит 4G, он должен удовлетворять трем ключевым потребностям:

- задержка менее одной секунды;
- увеличение скорости передачи данных не менее чем на 1 Гбит/с для десятков тысяч пользователей одновременно;
- повышенная энергоэффективность.

Действительно, снижение задержки является ключевым отличием между стандартами 4G и 5G. На самом деле низкая задержка означает, что мы сможем быстро передавать и обрабатывать большой объем данных [3]. В таблице 1 показано сравнение технологий 4G и 5G.

ТАБЛИЦА 1. Сравнение технологий 4G и 5G

TABLE 1. Comparison of 4G and 5G Technologies

Стандарт	4G	5G
Создание	2008–2010	2016
Пропускная способность	2 Мб/с–1 Гбит/с	1 Гбит/с и выше
Частотный диапазон	2–8 ГГц	3–300 ГГц
Опорная сеть	Полностью IP	IP-сеть, взаимодействие 5G
Множественный доступ	CDMA	CDMA/BDMA

Сети 5G будут построены вокруг комбинации различных технологий: 2G, 3G, 4G, Wi-Fi и т. д. Другими словами, 5G будет разворачиваться для поддержки различных приложений, таких как IoT, дополненная реальность и др. В отличие от своего аналога 4G, стандарт 5G будет предлагать возможность обрабатывать тысячи подключенных устройств и множество типов трафика.

Архитектура 5G

Рисунок 3 показывает архитектуру сети 5G [4, 5]. Для 5G UPF использует концепции, установленные при помощи CUPS, и определяют как элемент для обработки всех пользовательских данных. Возможность развертывания UPF по требованию для обработки различных типов услуг без тесной связи с плоскостью управления является одним из ключевых преимуществ архитектуры для случаев использования 5G. В частности, функциональные возможности UPF включают в себя:

- маршрутизацию и пересылку пакетов;
- точку доступа для мультисансов PDU (также известную как мульти-PDN в терминологии LTE);
- проверку трафика восходящей линии связи;
- обработку QoS;
- маркировку пакетов в UL и DL;
- буферизацию данных нисходящей линии связи.

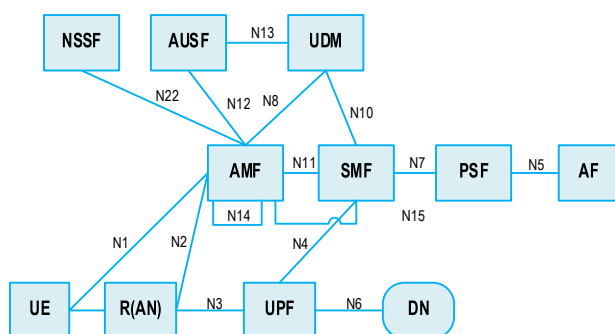


Рис. 3. Архитектура сетей пятого поколения

Fig. 3. Architecture of Fifth-Generation Networks

5G нацелен на работу с UPF, следуя аналогичной концепции архитектуры CUPS. В то время как детали спецификации еще разрабатываются, роль UPF ясна: он должен быть в состоянии обеспечить маршрутизацию/пересылку пакетов на основе меток, заголовков, QoS, биллинговых правил и контроль политик. Описания функциональных возможностей и архитектурных разделов свидетельствуют о том, что UPF является высокоэффективным элементом сети 5G, который играет решающее значение.

Нарезка сетей (*от англ. Network Slicing*), безусловно, является одной из самых обсуждаемых технологий в настоящее время. Эта технология позволяет операторам «нарезать» одну физическую сеть на множество виртуальных сквозных сетей (E2E), каждая из которых изолирована от сетевых и транспортных устройств и сетей доступа и

предназначена для различных видов услуг с различными функциями и требованиями QoS. В этом случае для каждого среза выделяются ресурсы, например, в рамках виртуализации сетевых функций (NFV), программно-определяемых сетей (SDN), облачных вычислений, пропускной способности сети, QoS [6] и т. д. Для каждого среза сети гарантируется изоляция и выделенные ресурсы, такие как ресурсы внутри виртуализированных серверов, пропускная способность сети и QoS. Предлагаемая структура способна обеспечить логические выделенные сети на основе общей инфраструктуры и поддерживает операторов в предоставлении новых услуг.

NFV [7] является необходимым условием для реализации сетевых срезов. Сетевая функция (*от англ. Network Function*) устанавливается на виртуальные машины, развернутые на серверах. Затем виртуализированные сетевые функции (VNF) могут быть развернуты в MEC (*от англ. Mobile Edge Core*) или MCC (*от англ. Mobile Cloud Core*) в зависимости от типов сервисов [8, 9]. Контроллер SDN выполняет подготовку маршрутизаторов в сети для создания туннелей SDN (т. е. виртуальных частных сетей – VPN) для различных срезов и управления VNF в облаках. Следовательно, операторы могут настраивать срезы сети так, как они хотят.

Предлагаемая структура может обеспечить более гибкое оркестрирование (т. е. управление) сетевых функций для получения лучшей производительности системы, удовлетворяющей разнообразным требованиям пользователей. Благодаря разделению сетевых элементов на более простые сетевые функции и объединению с SDN и NFV предлагаемая структура управления позволяет мобильным операторам осуществлять более детализированные подходы к управлению сетями.

В предлагаемой структуре поддерживается динамическое управление сервисами. В эпоху 5G не только типы трафика разнообразны, но и требования к ресурсам каждого сценария динамически меняются с течением времени и разнообразны среди различных пользователей. Следовательно, мобильные операторы должны иметь службы, которые могут быть запущены для определенного типа данных. Количество сервисов и порядок их применения зависят от трафика и пользователей. Мы можем использовать логический централизованный контроллер, и сетевой трафик сможет проходить через необходимые сетевые функции для реализации обслуживания. Кроме того, сервисы могут управляться динамически, чтобы соответствовать изменяющимся требованиям пользователей.

Оркестрирование сетевыми потоками динамично и зависит от типов трафика и политики, проводимой оператором сети. В результате предложенная структура может обеспечить динамическую эксплуатацию и техническое обслуживание сети (O&M).

Кроме того, предлагаемая структура управления поддерживает гибкую и динамичную миграцию служб путем запуска или завершения связанных NVF. Контроллер SDN [10] будет делать выводы на основе текущего состояния сети (например, задержка, пропускная способность, QoS, «стоимость» и т. д.) и затем определять, следует ли делать изменение. Определяющий фактор миграции (MDF) определяется как относительная «стоимость» переноса услуг. MDF сервисного узла X является функцией задержки, доступной нагрузки, пропускной способности, «стоимости» и т. д. Если Y определяется как предыдущий элемент обслуживания (т. е. начальная точка миграции), то MDF может быть выражен как:

$$\text{MDF}(x) = \sum f(C_{\text{lat}}(x), C_{\text{load}}(x), C_{\text{band}}(x, y), C_{\text{pri}}(x)),$$

где $C_{\text{lat}}(x)$ – задержка передачи сервиса к узлу X ; $C_{\text{load}}(x)$ – емкость серверов в узле X ; $C_{\text{band}}(x, y)$ – максимальная доступная пропускная способность канала миграции; $C_{\text{pri}}(x)$ – это «стоимость» занятия серверных ресурсов [11].

Следовательно, мы можем получить матрицу Q , состоящую из определяющих факторов всех узлов обслуживания. Задав весовые коэффициенты для параметров и нормировав матрицу, мы можем получить относительную стоимость миграции к каждому узлу. Затем узел с минимальной стоимостью будет выбран в качестве обслуживающего.

Как видно, 5G может принести большую пользу с точки зрения поддержки приложений с жесткими требованиями к задержке, предоставления услуг с учетом местоположения и т. д. В предлагаемой структуре стратегия минимизации общей стоимости распределенной базовой сети 5G может быть реализована с помощью контроллера SDN путем оптимального определения количества активных UPF, распределения рабочей нагрузки между MEC и MCC [12, 13].

Чтобы исследовать проблему, мы предполагаем, что основная сеть 5G состоит из N узлов MEC и обслуживания в MCC для обслуживания J -типов запросов. Пограничные сервера расположены совместно с соответствующими базовыми станциями и сотрудничают с MCC для обработки задач пользователей. В этом случае мы можем рассчитать [14]:

1) *Энергетическую стоимость в MEC.* Предполагаем, что существует линейная зависимость между потреблением энергии и рабочей нагрузкой. Пусть x_{ij} обозначает скорость запросов приложения j , выделенного MEC i (в запросах в секунду). Следовательно, мы можем выразить энергетические затраты MEC с длительностью T через:

$$C^{\text{MEC}} = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^J h_i a_i x_{i,j} T,$$

где $a_i > 0$ – заданный параметр, который связан с развертыванием MEC; h_i – коэффициент энергоёмкости.

2) *Задержку обработки в MEC.* Модель $M/M/1$ принята для оценки задержки обработки приложения j в MEC:

$$D_{i,j}^{\text{MEC}} = \frac{1}{w_{i,j} - x_{i,j}},$$

где w_{ij} – скорость обслуживания приложения j в MEC (в запросах/сек).

3) *Стоимость энергии в MCC.* Пусть $y_{i,j,m}$ будет скоростью запроса приложения j , выделенного из MEC i в узел MCC m (в запросах в секунду); $\mu_{j,m}$ – скорость обслуживания приложения j в узле m . Также необходимо выделить простаивающую мощность и пиковую мощность серверов для приложения j в узле m с помощью p_{idle} и p_{peak} , соответственно. Тогда стоимость энергии MCC можно оценить по:

$$C^{\text{MCC}} = \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M h_m \left(c_{j,m} p_{\text{idle}} + (p_{\text{peak}} - p_{\text{idle}}) \frac{\sum_i y_{i,j,m}}{\mu_{j,m}} \right),$$

где $c_{j,m}$ – количество активных серверов для приложения j в m ; h_m – коэффициент энергоёмкости.

4) *Задержку обработки в MCC.* Модель $M/M/n$ принята для оценки задержки обработки приложения j в m :

$$D_{i,j}^{\text{MCC}} = \frac{1}{c_{j,m} \mu_{j,m} - \sum_i y_{i,j,m}} + \frac{1}{\mu_{j,m}}.$$

5) *Оценку пропускной способности сетей до-стуга.* Может быть выражена:

$$C^{\text{band}} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M y_{ijm} s_j P_m,$$

где s_j – требуемая скорость для запроса от приложения j ; P_m – ресурсы, необходимые на обработку данного запроса.

6) *Коэффициент потерь в среде передачи.* Обозначим задержку в сети передачи, связанную с MEC i в центре обработки данных m , как $d_{i,m}$ (в мс). Тогда коэффициент потерь обозначим следующим образом:

$$C^{\text{delay}} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M \varepsilon_m d_{i,m} y_{i,j,m} T,$$

где ε_m – ресурсы, необходимые для обеспечения данного коэффициента задержки.

Для корректной работы стоит учесть следующие пункты:

$$\begin{aligned} \min \quad & C^{\text{MEC}} + C^{\text{MCC}} + C^{\text{band}} + C^{\text{delay}}, \\ & D_{i,j}^{\text{MEC}} \leq t_j^{\text{max}}, \end{aligned}$$

$$l_{i,j} = x_{i,j} + \sum_{m=1}^M y_{i,j,m},$$

$$D_{i,m}^{MCC} \leq t_j^{\max},$$

$$0 \leq c_{j,m} \leq C_{j,m},$$

где t_j^{\max} – максимально допустимая задержка для приложения j ; $l_{i,j}$ – определяет скоростные характеристики запроса, приходящего в МЕС; $C_{j,m}$ – общее число серверов обработки для приложения j .

Основываясь на приведенном выше моделировании и формулировке, разработан алгоритм распределения рабочей нагрузки для минимизации затрат на систему, который может быть реализован в предлагаемой структуре. В разработанном алгоритме контроллер SDN собирает параметры системы с серверов в МЕС и облачного центра обработки данных в МСС. И затем он решает проблему оптимизации ресурсов. Затем контроллер SDN разрабатывает оптимальную стратегию распределения рабочей нагрузки на основе результата и управляют ее в МЕС и МСС.

По итогам моделирования получились следующие результаты.

На рисунке 4 показана рабочая нагрузка, распределяемая между МЕС по мере увеличения h_i и изменения задержки. Очевидно, что для серверов МЕС выделяется больше рабочей нагрузки, когда коэффициент меньше. По мере увеличения h_i рабочая нагрузка в МЕС снижается до нуля. Как видно из рисунка, при том же значении h_i для МЕС выделяется больше нагрузки на обработку, когда МЕС ближе к пользователям, что уменьшает задержку среды передачи.

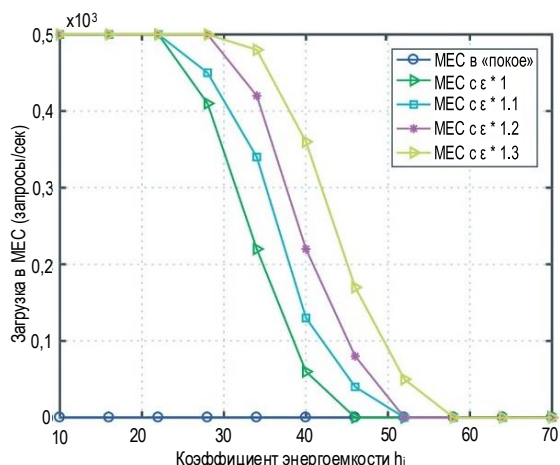


Рис. 4. Загрузка в МЕС

Fig. 4. MEC Workload

На рисунке 5 показана рабочая нагрузка, выделяемая МСС при увеличении h_i . Из рисунка видно, что с увеличением коэффициента h_i в МСС обрабатывается больше рабочей нагрузки. Кроме того, при том же значении h_i для МСС выделяется меньше нагрузки, когда задержка в среде передачи выше, а рабочая нагрузка при обработке в МЕС снижается.

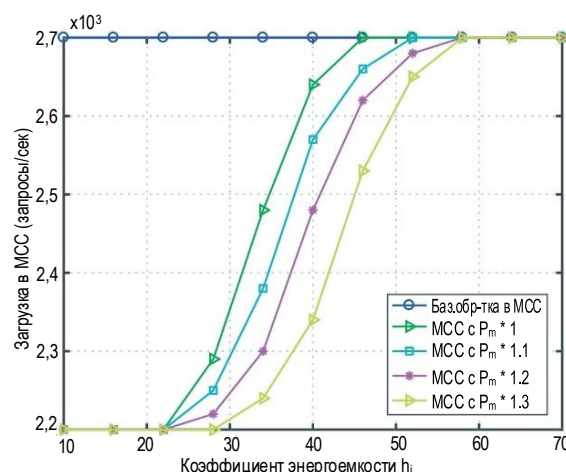


Рис. 5. Загрузка в МСС

Fig. 5. MCC Workload

То есть из приведенных выше графиков можно сделать вывод, что для оптимальной работы системы МЕС коэффициент h_i должен быть равен 35–40, чтобы обеспечить загрузку системы на 50 % от максимально возможной обрабатываемой нагрузки одним узлом, что позволит проводить дальнейшее распределение трафика на сети, которая может содержать несколько МЕС-узлов. То же значение h_i должно быть и для МСС-систем, чтобы обеспечить оптимальную работу системы.

Заключение

В данной работе представлен анализ сетей 4G и 5G, которые рассматриваются как перспективная архитектура для повышения гибкости, масштабируемости и развертываемости традиционной базовой сети и предоставления индивидуальных услуг для различных требований. Наряду с очень большой емкостью, высокой плотностью соединений и сверхвысокой надежностью, сети 5G должны будут поддерживать сверхнизкую задержку. Для достижения этой низкой задержки необходимо произвести радикальные изменения: кэширование для достижения, использование коротких кадров/пакетов, новые формы сигналов, методы множественного доступа и другие методы.

С другой стороны, сетевые архитектуры SDN, NFV и МЕС также рассматриваются как элементы достижения требований к низкой задержке в 5G. Новая базовая сеть обеспечит разнообразные преимущества, такие как функциональность распределенной сети, независимость программной платформы от аппаратной и отделение плоскости данных от плоскости программного обеспечения, что поможет снизить задержку. В сочетании с SDN и NFV предлагаемая структура сети может обеспечить распределенное развертывание сетевых функций, гарантированное обслуживание, гибкое оркестрирование сетевых функций и оптимальное распределение рабочей нагрузки.

Список используемых источников

1. Рыжков А.Е., Сиверс М.А., Бабкин А.С., Пыленок А.М., Трофимов А.П. Сети стандарта LTE. Развитие технологий радиодоступа. СПб: СПбГУТ, 2015. 256 с.
2. Goldstein A.B., Zarubin A.A., Onufrienko A.V., Elagin V.S., Belozertsev I.A. Synchronization of delay for OTT services in LTE // Proceedings of the International Conference on Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO, Minsk, Belarus, 4–5 July 2018). IEEE, 2018. DOI:10.1109/SYNCHROINFO.2018.8456944
3. Rec. ITU-R M.2083-0 (09/2015) IMT vision: Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond.
4. 3GPP TS 23.203 Policies and Charging control architecture; Stage 2: 3GPP Portal. URL: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=810> (дата обращения 21.03.2022)
5. 3GPP TS 23.501; System architecture for the 5G system; Stage 2: 3GPP Portal. URL: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3144> (дата обращения 21.03.2022)
6. Elagin V.S., Belozertsev I.A., Goldshtein B.S., Onufrienko A.V., Vladiko A.G. Models of QoE ensuring for OTT services // Proceedings of the International Conference on Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications (SOSG 2019, Moscow, Russia, 20–21 March 2019). IEEE, 2019. P. 8706748. DOI:10.1109/SOSG.2019.8706748
7. ETSI GR NFV 003 V1.6.1 (2021-03) Network Functions Virtualisation (NFV); Terminology for Main Concepts in NFV. URL: https://docbox.etsi.org/ISG/NFV/open/Publications_pdf/Specs-Reports/NFV%20003v1.6.1%20-%20GR%20-%20Terminology.pdf (дата обращения 21.03.2022)
8. Goldstein A.B., Belozertsev I.A., Elagin V.S., Spirikina A.V. Providing QoS for OTT Services in Communication Networks // Proceedings of the International Conference on Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications (Moscow, Russia, 19–20 March 2020). IEEE, 2020. DOI:10.1109/IEEECONF48371.2020.9078633
9. Bhardwaj K., Sreepathy S., Gavrilovska A., Schwan K. ECC: Edge cloud composites // Proceedings of the International Conference on Mobile Cloud Computing, Services, and Engineering (MobileCloud 2014, Oxford, UK, 8–11 April 2014). IEEE, 2014. PP. 38–47. DOI:10.1109/MobileCloud.2014.18
10. Мухизи С., Парамонов А.И. Метод классификации и приоритизации трафика в программно-конфигурируемых сетях // Труды учебных заведений связи. 2019. Т. 5. № 1. С. 64–70. DOI:10.31854/1813-324X-2019-5-1-64-70
11. ETSI GS MEC 002 V2.1.1 (2018-10) Multi-access Edge Computing (MEC). Phase 2: Use Cases and Requirements. URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/mec/001_099/002/02.01.01_60/gs_mec002v020101p.pdf (дата обращения 21.03.2022)
12. Chen X., Jiao L., Li W., Fu X. Efficient Multi-User Computation Offloading for Mobile-Edge Cloud Computing // IEEE/ACM Transactions on Networking. 2016. Vol. 24. Iss. 5. PP. 2795–2808. DOI:10.1109/TNET.2015.2487344
13. Barbarossa S., Sardellitti S., Lorenzo P.D. Communicating While Computing: Distributed mobile cloud computing over 5G heterogeneous networks // IEEE Signal Processing Magazine. 2014. Vol. 31. Iss. 6. PP. 45–55. DOI:10.1109/MSP.2014.2334709
14. Кучерявый А.Е., Махмуд О.А., Парамонов А.И. Метод маршрутизации трафика в сети Интернета Вещей на основе минимума вероятности коллизий // Труды учебных заведений связи. 2019. Т. 5. № 3. С. 37–44. DOI:10.31854/1813-324X-2019-5-3-37-44

* * *

From the Fourth Generation to the Fifth: Virtualization, Software-Defined Networks and Mobile Edge Computing

I. Belozertsev¹ 

¹The Bonch-Bruевич Saint Petersburg State University of Telecommunications,
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

Article info

DOI:10.31854/1813-324X-2022-8-1-66-72

Received 17th February 2022

Revised 20th March 2022

Accepted 21st March 2022

For citation: Belozertsev I. From the Fourth Generation to the Fifth: Virtualization, Software-Defined Networks and Mobile Edge Computing. *Proc. of Telecom. Universities*. 2022;8(1):66–72. (in Russ.) DOI:10.31854/1813-324X-2022-8-1-66-72

Abstract: With the increasing demands for mobility and guaranteed quality, new technologies with new capabilities, such as 4G and 5G networks, have appeared to meet the needs of users. Indeed, 4G networks are constantly striving to improve the services offered and guarantee a certain level of quality of service (QoS). The 5G standard promises ultra-fast speeds and an end to congestion in mobile networks. This technology is expected to revolutionize mobile networks and create new economic opportunities. In this context, the purpose of this article is a detailed comparison of 4G and 5G technologies. Thus, we outline the various characteristics of 4G systems, that is, their contribution and their behavior in terms of maintaining QoS. We will also evaluate the efficiency of virtualization and mobile edge computing in modern networks.

Keywords: mobile edge computing, fifth-generation networks, low latency, network architecture.

References


1. Ryzhkov A.E., Sivers M.A., Babkin A.S., Pylenok A.M., Trofimov A.P. *LTE Networks. Development of Radio Access Technologies*. St. Petersburg: The Bonch-Bruевич Saint Petersburg State University of Telecommunications Publ.; 2015. 256 p. (in Russ.)
2. Goldstein A.B., Zarubin A.A., Onufrienko A.V., Elagin V.S., Belozertsev I.A. Synchronization of delay for OTT services in LTE. *Proceedings of the International Conferences on Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications, SYNCHROINFO*, 4–5 July 2018, Minsk, Belarus. IEEE; 2018. DOI:10.1109/SYNCHROINFO.2018.8456944
3. Rec. ITU-R M.2083-0 (09/2015) *IMT vision: Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond*.
4. 3GPP Portal. 3GPP TS 23.203 Policies and Charging control architecture; Stage 2: 3GPP Portal. Available from: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=810> [Accessed 21th March 2022]
5. 3GPP Portal 3GPP TS 23.501; System architecture for the 5G system; Stage 2: 3GPP Portal. Available from: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3144> [Accessed 21th March 2022]
6. Elagin V.S., Belozertsev I.A., Goldshtein B.S., Onufrienko A.V., Vladyko A.G. Models of QoE ensuring for OTT services. *Proceedings of the International Conferences on Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, SOSG 2019*, 20–21 March 2019, Moscow, Russia. IEEE; 2019. P. 8706748. DOI:10.1109/SOSG.2019.8706748
7. ETSI GR NFV 003 V1.6.1 (2021-03) *Network Functions Virtualisation (NFV); Terminology for Main Concepts in NFV*. Available from: https://docbox.etsi.org/ISG/NFV/open/Publications_pdf/Specs-Reports/NFV%20003v1.6.1%20-%20GR%20-%20Terminology.pdf [Accessed 21th March 2022]
8. Goldstein A.B., Belozertsev I.A., Elagin V.S., Spirkina A.V. Providing QoS for OTT Services in Communication Networks. *Proceedings of the International Conferences on Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications*, 19–20 March 2020 Moscow, Russia. IEEE; 2020. DOI:10.1109/IEEECONF48371.2020.9078633
9. Bhardwaj K., Sreepathy S., Gavrilovska A., Schwan K. ECC: Edge cloud composites. *Proceedings of the International Conference on Mobile Cloud Computing, Services, and Engineering, MobileCloud 2014*, 8–11 April 2014, Oxford, UK. IEEE; 2014. p.38–47. DOI:10.1109/MobileCloud.2014.18
10. Muhizi S., Paramonov A. A Traffic Classification and Prioritization Model in Software-Defined Networks. *Proc. of Telecom. Universities*. 2019;5(1):64–70. (In Russ.) DOI:10.31854/1813-324X-2019-5-1-64-70
11. ETSI GS MEC 002 V2.1.1 (2018-10) *Multi-access Edge Computing (MEC). Phase 2: Use Cases and Requirements*. Available from https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/mec/001_099/002/02.01.01_60/gsmec002v020101p.pdf [Accessed 21th March 2022]
12. Chen X., Jiao L., Li W., Fu X. Efficient Multi-User Computation Offloading for Mobile-Edge Cloud Computing. *IEEE/ACM Transactions on Networking*. 2016;24(5):2795–2808. DOI:10.1109/TNET.2015.2487344
13. Barbarossa S., Sardellitti S., Lorenzo P.D. Communicating While Computing: Distributed mobile cloud computing over 5G heterogeneous networks. *IEEE Signal Processing Magazine*. 2014;31(6):45–55. DOI:10.1109/MSP.2014.2334709
14. Koucheryavy A., Mahmood O.A., Paramonov A. Traffic Routing Method for the Internet of Things Based on the Minimum of Collisions Probability. *Proc. of Telecom. Universities*. 2019;5(3):37–44. (In Russ.) DOI:10.31854/1813-324X-2019-5-3-37-44

Сведения об авторе:

БЕЛОЗЕРЦЕВ
Илья Алексеевич

аспирант кафедры инфокоммуникационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,

ilya.belozercev@outlook.com

 <https://orcid.org/0000-0001-5325-3077>