

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ГРАНИЧНАЯ ОБЛАЧНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ 5G

М. И. Филимонова^{1*}, А. А. Атея¹, А. С. А. Мутханна¹, Р. В. Киричек¹

¹ СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

* Адрес для переписки: filimonova_sar@mail.ru

Аннотация

Предмет исследования. В этой работе мы предлагаем систему сотовой связи на основе зеленого микрооблака на границе системы сотовой связи. **Метод.** Предложенная работа моделируется с точки зрения задержки и разгрузки и обеспечивает лучшую производительность системы. **Основные результаты.** Моделируется трафик для предлагаемой нами системы, показатели сравниваются с другими архитектурными вариациями. **Практическая значимость.** Вычислительный модуль на границе системы сотовой связи нужен для того, чтобы сократить количество промежуточных узлов, включенных в коммуникационный процесс, и обеспечить способ разгрузки данных. Это снижает нагрузку на ядро сети и обеспечивает лучшую эффективность с точки зрения задержки и пропускной способности. Кроме того, облачный блок представляет собой солнечную энергию, которая уменьшает энергопотребление.

Ключевые слова

облака, 5G, энергия, MEC.

Информация о статье

УДК 621.391

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 18.10.17, принята к печати 01.12.17.

Ссылка для цитирования: Филимонова М. И., Атея А. А., Мутханна А. С. А., Киричек Р. В. Энергоэффективная граничная облачная система для 5G // Информационные технологии и телекоммуникации. 2017. Том 5. № 4. С. 78–84.

ENERGY EFFICIENT EDGE CLOUD SYSTEM FOR 5G

M. Filimonova^{1*}, Abdelhamied A. Ateya¹, A. Muthanna¹, R. Kirichek¹

¹ SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation

* Corresponding author: filimonova_sar@mail.ru

Abstract—Research subject. In this work, we propose a 5G cellular communication system based on the green micro-cloud edge computing unit at the border of the cellular system. **Method.** The proposed work is modeled in terms of delay and unloading and provides better system performance. **Core**

results. The traffic for the proposed system is simulated, the received indicators are compared with other architectural variations. **Practical relevance.** The computing unit at the edge of the cellular system is introduced to reduce the number of intermediate nodes involved in communication process and provides the offloading way for data. This reduces the load on the core of the network and provides better efficiency in terms of latency and throughput. In addition, the cloud block represents solar energy, which reduces energy consumption.

Keywords—Clouds, 5G, energy, MEC.

Article info

Article in Russian.

Received 18.10.17, accepted 01.12.17.

For citation: Filimonova M., Ateya A. Abdelhamied, Muthanna A., Kirichek R.: Energy efficient edge cloud system for 5G // Telecom IT. 2017. Vol. 5. Iss. 4. pp. 78–84 (in Russian).

Введение

Динамичное развитие беспроводной техники и увеличивающиеся объемы трафика приводят нас к созданию все новых стандартов связи. В настоящее время широкое обсуждение получает разработка мобильной системы 5G/IMT-2020/IMT-2020 [1, 2]. Для ее реализации необходимы, помимо высокой надежности и хорошего качества связи, сверхмалая задержка и высокая пропускная способность, а также улучшение охвата. Предлагается использовать такие технологии, как NFV (Виртуализация сетевых функций), а также SDN (программно-конфигурируемые сети) [3]. Также предлагается использовать граничные вычисления для разгрузки базовой сети. Предполагается использование D2D-коммуникаций, что благоприятно скажется на развитии IoT.

Несмотря на то, что разработка Интернета вещей не стоит на месте, пока не получается объединить беспроводные объекты в единую сеть. Этому мешает отсутствие единого стандарта IoT. Носимые устройства работают через Bluetooth, умные дома — через Wi-Fi, в других сегментах используется сразу несколько протоколов. Особенно 5G/IMT-2020 пригодится в тех сегментах IoT [4, 5], где объекты сильно удалены (например, в сельском хозяйстве) или требуется быстрая реакция (например, для беспилотных машин). Можно сказать, что 5G/IMT-2020 просто умножит известные преимущества Интернета вещей и приблизит его широкое распространение.

Считается, что новые поколения сотовой связи появляются каждые десять лет, таким образом, внедрение стандарта 5G/IMT-2020 можно предположить к 2020 г. Первые коммерческие внедрения 5G/IMT-2020 ожидаются в 2018 г. Все они приурочены к крупным спортивным событиям. Например, южнокорейский мобильный оператор KT Corporation обещает запустить сети пятого поколения на зимних Олимпийских играх-2018 в Пхенчхане.

Mobile edge computing – новая технология, которую считают одной из ключевых в развитии мобильной системы 5G/IMT-2020. Идея технологии мобильных граничных вычислений (MEC – *Mobile edge computing*) заключается в переносе облачных вычислений на границу сотовой сети в сети радиодоступа (RAN) в одном хопе от пользовательского оборудования [6, 7]. Стандартизацией технологии

MEC занимается европейский институт стандартизации электросвязи ETSI. С помощью переноса вычислительных ресурсов на границу сети радиодоступа можно получить:

- разгрузку базовой сети – все вычислительные операции будут проводиться на границе сотовой сети;
- близость – расположение в одном хопе от пользовательского оборудования;
- низкие системные задержки;
- высокую пропускную способность.

MEC основывается на виртуализированной платформе и дополняет NFV: в то время как NFV фокусируется на сетевых функциях, платформа MEC включает вычислительные приложения, работающие на границе сети [8]. А потому будет выгодно использовать на одной платформе обе эти технологии. Также следует учитывать, что благодаря MEC может появиться возможность воздействовать на радиосети и данные в режиме реального времени. Это означает повышение гибкости и надежности для пользователя: различные сервисы смогут реагировать на информацию от пользователя гораздо быстрее.

На рынке телекоммуникаций произойдет появление новых, более адаптивных продуктов. Прогнозируется быстрая беспроводная передача видео сверхвысокой точности, а также распространение многопользовательских игр с эффектом VR без задержек сигнала. Также MEC способствует развитию и внедрению Интернета Вещей. Таким образом, MEC положительно повлияет на технологии передачи данных и экономику телекоммуникационной отрасли в целом.

Архитектура сети

Сеть зеленого облачка призвана обеспечить повсеместную устойчивую эластичную и эффективную платформу МСС для абонентского терминала. Используя широкое распространение базовой станции (БС) в сетях LTE для обеспечения непрерывного соединения между пользователями и БС, облачко развертывается рядом с каждой БС в архитектуре GCN, так, что рабочие нагрузки приложений абонентского терминала могут быть быстро и без проблем выгружены из абонентского терминала в его аватар (программный клон) в облачке через БС. Аватары – это не только мощные вычислительные устройства, но и коммуникационные кэши и большие дисковые хранилища для своих абонентских терминалов. Соединение между БС и облачком может быть реализовано с помощью выделенного соединения, такого как высокоскоростное волокно, так что задержка E2E между БС и аватарами в облачке ничтожно мала. Между тем, чтобы снизить эксплуатационные расходы на рабочие облака, каждое облачко и БС питаются как энергией на сетке, так и природосберегающей возобновляемой энергией, такой, как поддерживаемое биотопливо, солнечная энергия и энергия ветра (здесь мы используем солнечную энергию как пример). Более того, каждый аватар в облачке может связываться с общедоступным центром обработки данных (например, Amazon EC2) и сетью хранения данных через Интернет, чтобы обеспечить доступность и надежность предлагаемой архитектуры; то есть, если облачки не смогут больше удерживать аватары абонентских терминалов из-за ограниченной емкости облаков в сети, аватары могут быть перенесены в общедоступный

центр обработки данных для продолжения обслуживания абонентских терминалов, тогда как копии виртуального диска аватара могут быть сохранены в сети хранения данных, чтобы предотвратить потерю данных в случае неполадок.

GCN включает ряд географически распределенных облаков и БС, соединенных сотовой базовой сетью. Связь между абонентскими терминалами и их аватарами, между аватарами и аватарами, а также между аватарами и Интернетом должна проходить через БС. Конфигурация БС и облака может быть однородной, то есть облако и связанная с ним БС питаются гибридной энергией.

На основе платформы с базовыми станциями, работающими на природосберегающей возобновляемой энергии, мы определяем зеленую облачную систему (GCS) как базовую единицу, как показано на рис. 1, в которой зеленый коллектор энергии извлекает энергию из источника возобновляемой энергии и преобразовывает ее в электроэнергию, контроллер заряда регулирует электроэнергию от зеленого сборщика энергии, а инвертор преобразовывает электроэнергию между переменным и постоянным током. Интеллектуальный счетчик записывает электроэнергию от электрической сети, потребляемой облаком и БС.

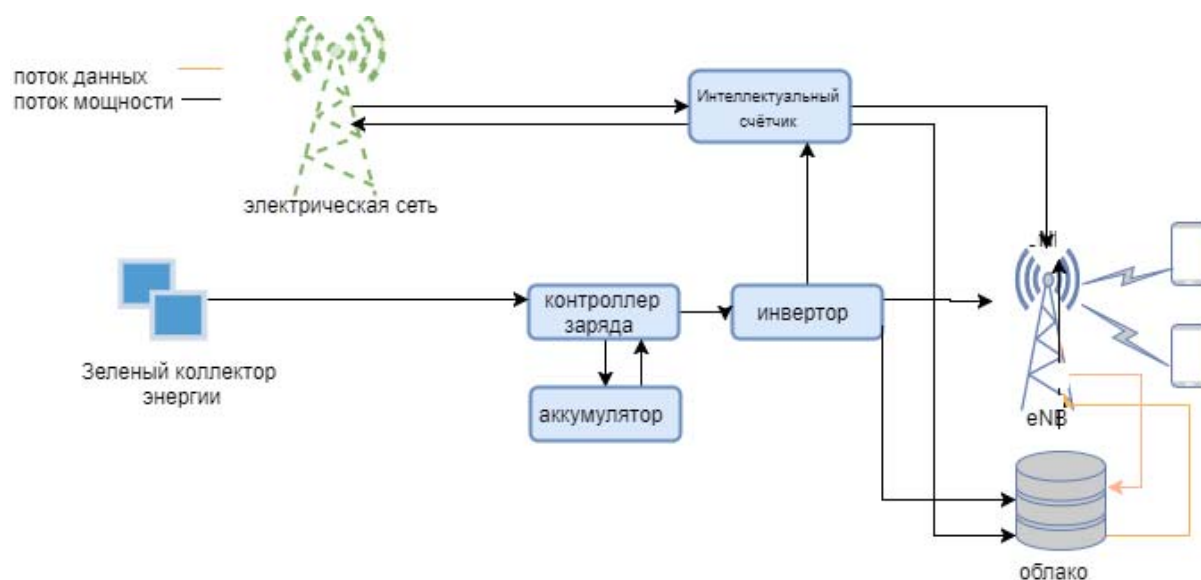


Рис. 1. Зеленая энергия, питающая облачную систему

Моделирование и результаты

А – Среда моделирования и параметры моделирования

Существует множество сред моделирования, которые используются для имитации и развертывания микро-облаков и облаков с различными возможностями и средствами [9, 10]. Эти среды могут создавать виртуальные машины (VM), удаленное выполнение процедур и веб-сервисы с различными возможностями. Мы разработали инструмент на основе платформы CloudSim, чтобы проанализировать систему. Симулятор основывается на языке Java и на IDE NetBeans.

Б – Результаты моделирования

Мы используем ту же модель и параметры моделирования, что и в [11]. Рассматриваются три случая моделирования.

Первый случай представляет нашу предлагаемую систему с микро- и мини-облачными модулями. Второй случай представляет систему с только микро-облачными модулями, а мини-облачные модули удаляются. Последний случай – наихудший случай, который представляет систему без модулей граничного облака.

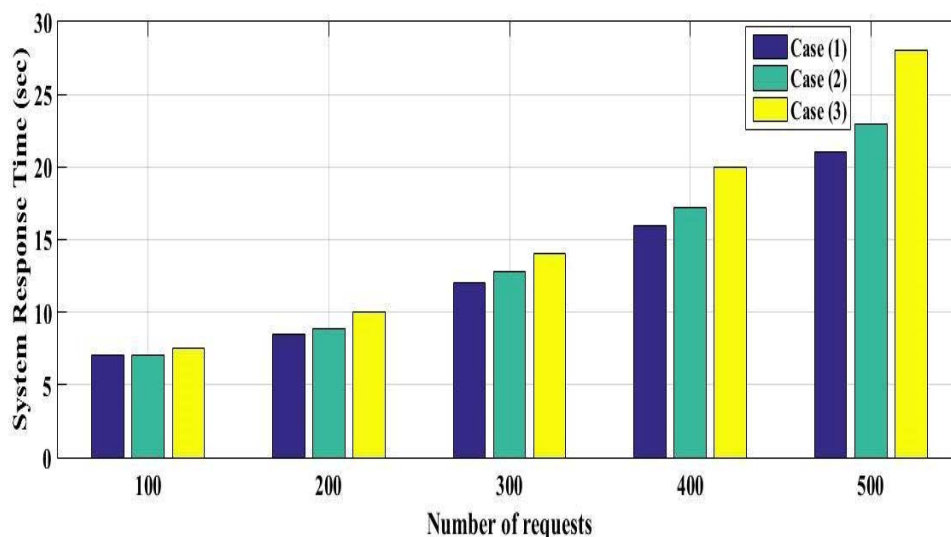


Рис. 2. Результаты имитационного моделирования

Из результатов моделирования ясно, что существование граничного облачного модуля уменьшает время отклика системы для обработки пользовательских задач (рис. 2). Кроме того, существование двух уровней граничных вычислений намного эффективней.

Заключение

В этой работе реализуется новая архитектура для предоставления повсеместных услуг мобильных облачных вычислений для пользователей, чтобы пользователи могли экономить энергию и время выполнения при запуске своих приложений. В статье также обсуждаются технические проблемы разработки оптимальной стратегии управления зеленой энергией.

В будущем в архитектуре планируем моделировать соттовую базовую сеть на основе SDN для повышения эффективности и гибкости связи по сравнению с традиционной сетью.

Литература

1. Бородин А. С., Кучерявый А. Е. Сети связи пятого поколения как основа цифровой экономики // Электросвязь. 2017. № 5. С. 45–49.
2. Muthanna A., Masek P., Hosek J., Fujdiak R., Hussein O., Paramonov A., Koucheryavy A. Analytical Evaluation of D2D Connectivity Potential in 5G/IMT-2020 Wireless System // Lecture Notes in Computer Science. 2016. Vol. 9870. pp. 395–403.
3. Vladyko A., Muthanna A., Kirichak R. Comprehensive SDN Testing Based on Model Network // Lecture Notes in Computer Science. 2016. Vol. 9870. pp. 539–549.

4. Кучерявый А. Е. Интернет Вещей // Электросвязь. 2013. № 1. С. 21–24.
5. Кучерявый А. Е., Прокопьев А. В., Кучерявый Е. А. Самоорганизующиеся сети. СПб.: Любавич. 2011. 312 с.
6. Мутханна А. С. А., Атея А. А., Филимонова М. И. Исследование облачных вычислений в сотовых сетях // Информационные технологии и телекоммуникации. 2017. Т. 5. № 3. С. 45–59.
7. Klas G. I. Fog Computing and Mobile Edge Cloud Gain Momentum Open Fog Consortium // The Eleventh International Conference on Systems and Networks Communications (ICSNC). 2016. 122 p.
8. Ateya A., Muthanna A., Gudkova I., Vybornova A., Koucheryavy A. Intelligent core network for Tactile Internet system // International Conference on Future Networks and Distributed Systems (ICFNDS). 2017.
9. Wang S., Tu G., Ganti R., He T., Leung K., Tripp H., Warr K., Zafer M., Mobile Micro-Cloud: Application Classification, Mapping, and Deployment // Annual Fall Meeting of ITA. 2013.
10. Bahwairath K., Tawalbeh L., Benkhelifa E., Jararweh Y. Experimental Comparison of Simulation Tools for Efficient Cloud and Mobile Cloud Computing Applications // EURASIP Journal on Information Security. 2016.
11. Ateya A. A., Vybornova A., Samouylov K., Koucheryavy A. System Model for Multi-level Cloud Based Tactile Internet System // Lecture Notes in Computer Science. 2017. Vol. 10372. pp. 77–86.

References

1. Borodin A., Koucheryavy A. Fifth Generation Networks as a base to the Digital Economy // Electrosvyaz. 2017. No. 5. pp. 45–49.
2. Muthanna A., Masek P., Hosek J., Fujdiak R., Hussein O., Paramonov A., Koucheryavy A. Analytical Evaluation of D2D Connectivity Potential in 5G/IMT-2020 Wireless System // Lecture Notes in Computer Science. 2016. Vol. 9870. pp. 395–403.
3. Vladyko A., Muthanna A., Kirichek R. Comprehensive SDN Testing Based on Model Network // Lecture Notes in Computer Science. 2016. Vol. 9870. pp. 539–549.
4. Koucheryavy A. Internet of Things // Electrosvyaz'. 2013. No. 1. pp. 21–24.
5. Koucheryavy A., Prokopiev A., Koucheryavy Y. Self-Organizing Networks. SPb.: Lyubavich. 2011. 312 p.
6. Muthanna A., Ateya A., Filimonova M.: Study of Cloud Computing in Cellular Systems // Telecom IT. 2017. Vol. 5. Iss. 3. pp. 45–59 (in Russian).
7. Klas G. I. Fog Computing and Mobile Edge Cloud Gain Momentum Open Fog Consortium // The Eleventh International Conference on Systems and Networks Communications (ICSNC). 2016. 122 p.
8. Ateya A., Muthanna A., Gudkova I., Vybornova A., Koucheryavy A. Intelligent core network for Tactile Internet system // International Conference on Future Networks and Distributed Systems (ICFNDS). 2017.
9. Wang S., Tu G., Ganti R., He T., Leung K., Tripp H., Warr K., Zafer M., Mobile Micro-Cloud: Application Classification, Mapping, and Deployment // Annual Fall Meeting of ITA. 2013.
10. Bahwairath K., Tawalbeh L., Benkhelifa E., Jararweh Y. Experimental Comparison of Simulation Tools for Efficient Cloud and Mobile Cloud Computing Applications // EURASIP Journal on Information Security. 2016.
11. Ateya A. A., Vybornova A., Samouylov K., Koucheryavy A. System Model for Multi-level Cloud Based Tactile Internet System // Lecture Notes in Computer Science. 2017. Vol. 10372. pp. 77–86.

Филимонова Мария Игоревна

– студентка, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, filimonova_sar@mail.ru

**Абдельмоталеп
Абдельхамид Ашраф Атея**

– аспирант, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, eng.abdelhamied@hotmail.com

Мутханна Аммар Салех Али

– кандидат технических наук, ассистент, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, ammarexpress@gmail.com

- Киричек Руслан Валентинович*** – кандидат технических наук, доцент, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, kirichek@sut.ru
- Filimonova Mariya*** – Student, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, filimonova_sar@mail.ru
- Abdelhamied A. Ateya*** – Postgraduate, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, eng.abdelhamied@hotmail.com
- Muthanna Ammar*** – Candidate of Engineering Sciences, Assistant, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, ammarexpress@gmail.com
- Kirichek Ruslan*** – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, kirichek@sut.ru