

Отличия и перспективы развития технологий облачных, туманных и граничных вычислений

В.А. Черепенин, С.П. Воробьев, В.В. Синявцев

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, Новочеркасск*

Аннотация: Статья детально исследует облачные, туманные и граничные вычисления, выявляя уникальные черты каждой технологии. Облачные вычисления обеспечивают гибкость и надежность с возможностью удаленного доступа, однако сталкиваются с задержками и высокой стоимостью. Туманные вычисления фокусируются на обработке данных на низком уровне инфраструктуры, обеспечивая высокую скорость и минимальные задержки. Граничные вычисления перемещают вычисления к самому источнику данных, исключая задержки и улучшая безопасность. Анализируются применения этих технологий в различных сферах, предсказывается их будущее развитие в быстро меняющемся мире информационных систем.

Ключевые слова: облачные вычисления, туманные вычисления, граничные вычисления, облачные технологии, инфраструктура обработки данных, сфера применения, гибридные вычисления, интернет вещей, искусственный интеллект, развитие информационных систем.

В современной цифровой эпохе облачные, туманные и граничные вычисления становятся ключевыми технологиями, определяющими будущее информационных систем и воздействующими на подходы к обработке и хранению данных. Каждый из этих вычислительных подходов обладает своими уникальными чертами, предназначенными для разнообразных областей применения, сопровождаясь собственными преимуществами и вызовами. Настоящая статья предлагает обширный анализ различий между облачными, туманными и граничными вычислениями, детально исследуя их плюсы и минусы, а также проводя оценку перспектив развития каждой из этих технологий в быстро изменяющемся мире вычислительных систем [1].

Облачные вычисления представляют собой инновационную технологию, обеспечивающую удаленное хранение и обработку данных в виртуальном "облаке" через центры обработки данных (далее ЦОДы). Эта технология предоставляет компаниям возможность избежать создания и поддержки собственной IT-инфраструктуры, предоставляя доступ к

вычислительным ресурсам через услуги облачных провайдеров при наличии подключения к интернету.

Преимущества облачных вычислений включают надежное оборудование, высокий уровень безопасности данных и разнообразие технологических решений, предоставляя различные модели облаков (публичные, частные, гибридные) и круглосуточную техническую поддержку. Операторы облачных услуг берут на себя ответственность за безопасность данных, включая шифрование и защиту от потенциальных атак, что особенно важно в секторах с высоким приоритетом безопасности [2]. Однако стоит отметить возможные задержки в передаче данных между клиентом и ЦОД, что может вызвать определенные задержки в обработке информации, а также сложности и высокие затраты на инфраструктуру, особенно при использовании частных или гибридных облаков.

Облачные технологии находят применение в различных отраслях, включая государственный сектор, производство, розничную торговлю, IT-компании, финансовую сферу и телекоммуникации. Они стали неотъемлемой частью современного мира, обеспечивая функциональность множества сервисов от электронной почты до облачных хранилищ данных. Кроме того, облачные вычисления играют ключевую роль в обработке больших данных (Big Data) и разработке искусственного интеллекта.

Туманные вычисления (Fog computing) – это технология, где обработка данных происходит локально, ближе к конечным устройствам, передавая информацию в дата-центры через локальные сети. Туман, как децентрализованная система, фильтрует данные перед отправкой в ЦОДы, [1,3]. Преимущества включают снижение нагрузки на облачные ЦОДы, обработку данных в реальном времени и возможность установки дополнительных слоев безопасности в локальной сети. Однако существует недостаток в более низкой надежности децентрализованных сетей по

сравнению с крупными ЦОДами. Туманные вычисления успешно применяются в области интернета вещей (далее IoT), обеспечивая передачу и анализ данных практически без задержек, что критично для систем, таких как беспилотные автомобили [4]. Их применение охватывает различные секторы, включая производство, здравоохранение, энергетику, финансы и другие области, где важно межмашинное взаимодействие (M2M).

Граничные вычисления (Edge computing) – технология, где обработка данных осуществляется на конечных устройствах, ближе к пользователю, чем в облачных и туманных вычислениях. Преимущества включают нулевую задержку данных, высокую надежность, даже без интернета, и дополнительный уровень безопасности, так как данные остаются на устройствах [5]. Недостатки – затраты на оборудование и требование к специалистам. Граничные вычисления применяют в IoT, VR/AR, промышленности, нефтегазовой и банковской сфере [6], обеспечивая оперативную обработку данных без задержек. В России рынок облачных услуг активно растет, по данным IDC, увеличившись на 24,8% в 2022 году, с прогнозируемым дальнейшим ростом до 2028 года.

При поддержке Минкомсвязи и "Ростелекома" формируется проект "Гособлака" и концепция единой государственной облачной платформы. Государственные учреждения активно внедряют облачные технологии, выбирая между частными провайдерами. Технологии граничных и туманных вычислений развиваются, включая комплексные сервисы от крупных игроков, таких как Microsoft и Amazon [7, 8]. Эти технологии становятся ключевыми в промышленности, где требуется оперативная обработка данных, особенно в системах IoT и VR/AR [9]. Новые стартапы активно разрабатывают решения на основе граничных и туманных технологий, охватывая энергетику, телекоммуникации, производство, ритейл, финансы и безопасность [10]. Облачные, граничные и туманные технологии продолжают

эволюцию, обеспечивая эффективную обработку данных в различных отраслях.

В России наращивается активность в разработке и внедрении технологий граничных и туманных вычислений, с чем ассоциированы несколько важных проектов и инициатив:

В России наблюдается усиление активности в сфере разработки и внедрения технологий граничных и туманных вычислений, что ассоциируется с несколькими важными проектами и инициативами:

1. Сотрудничество Nokia и "Сколково" в области мобильных граничных вычислений: Nokia и "Сколково" заключили контракт о сотрудничестве в сфере мобильных граничных вычислений (Mobile Edge Computing), направленных на перенос части анализа данных ближе к пользователям сети. Эта технология приобретает особую актуальность для обеспечения стабильного интернет-соединения в условиях массовых мероприятий.

2. Развитие инфраструктуры для туманных вычислений по указанию администрации президента: Минкомсвязь, "Ростелеком", Минпромторг и Агентство стратегических инициатив проводят работы по разработке инфраструктуры для туманных вычислений. Это направлено на поддержку развития промышленного интернета вещей (далее IIoT).

3. Децентрализованный суперкомпьютер от SONM: Компания SONM предлагает инновационную платформу с технологией блокчейна, создающую децентрализованный суперкомпьютер. Пользователи могут арендовать вычислительные ресурсы своих компьютеров, присоединяясь к распределенной сети, что дает компаниям возможность приобретать вычислительные мощности туманной платформы.

4. Facemetric и граничные вычисления в видеоаналитике: Компания Facemetric, предоставляющая видекамеры и ЦОДы с искусственными



нейросетями, использует граничные вычисления для более эффективной обработки видеопотоков. Это снижает задержки и обеспечивает стабильную работу даже при потере связи с облачным сервисом.

5. Государственные компании и технологии граничных вычислений: ГЛОНАСС-ТМ и "Ростелеком" активно занимаются разработкой технологий граничных вычислений. Планы ГЛОНАСС-ТМ включают создание сети для ПоТ на территории России, в то время как "Ростелеком" успешно тестировал стандарт сотовой связи NB-IoT, применяемый в системах интернета вещей.

6. Проекты "Интеллектуальных городов": Проекты "Интеллектуальных городов" активно используют граничные и туманные вычисления для внедрения систем умного управления транспортом, энергосбережения и обеспечения общественной безопасности.

7. Применение концепции "цифрового двойника" в промышленности: Некоторые промышленные предприятия применяют концепцию "цифрового двойника" с использованием граничных вычислений. Это способствует созданию виртуальных моделей производственных процессов, оптимизации эффективности и предотвращению возможных проблем.

8. Проекты "Умных сельских территорий": Проекты "Умных сельских территорий" успешно используют граничные вычисления для автоматизации сельского хозяйства и внедрения эффективных систем водоснабжения и энергосбережения.

9. Проекты в сфере здравоохранения: В медицинских учреждениях активно внедряются проекты, использующие граничные вычисления для обмена медицинской информацией и создания персонализированных методов диагностики и лечения.

10. Исследования в образовании: В образовательных учреждениях проводятся исследования и запускаются проекты с использованием туманных вычислений для создания инновационных образовательных

платформ, персонализированного обучения и современных методов анализа данных в образовательном процессе.

11. Применение в национальных проектах: Технологии граничных и туманных вычислений активно применяются в рамках национальных проектов, таких как "Цифровая экономика". Эти инновации поддерживают стремление к цифровизации различных областей, повышению эффективности государственных служб и обеспечению устойчивого развития.

12. Исследования в области кибербезопасности: С увеличением угроз в области кибербезопасности в России, технологии граничных вычислений активно используются для создания дополнительных слоев защиты. Это включает в себя борьбу с кибератаками и защиту конфиденциальных данных, что является приоритетом в современной цифровой среде.

13. Партнерства с технологическими гигантами: Российские компании активно взаимодействуют с крупными технологическими корпорациями, такими как Microsoft и Amazon, для интеграции современных облачных, граничных и туманных технологий. Эти партнерства способствуют обмену опытом и расширению возможностей в области информационных технологий.

Эти примеры свидетельствуют о динамичном развитии и значительном вкладе технологий граничных и туманных вычислений в различные секторы в России, включая IoT и IIoT.

Выбор между облачными, туманными и граничными вычислениями оказывается критическим, опираясь на специфические требования и ограничения вашего проекта IoT. Облачные вычисления подходят для высокомасштабируемых приложений с высокой доступностью, но могут оказаться непригодными для задач с низкой задержкой. Туманные вычисления позволяют снизить задержки, но могут потребовать более

сложного управления. Граничные вычисления предоставляют компромисс между задержками и доступностью ресурсов.

Кроме того, важно учитывать, что динамичная природа проектов IoT может подразумевать различные стадии жизненного цикла и разнообразные сценарии использования. Приложения могут эволюционировать от простых устройств к сложным системам, и в этом контексте оценка требований к вычислениям должна быть подвергнута постоянному обзору.

Также следует учитывать вопросы безопасности, поскольку каждый из типов вычислений имеет свои особенности в этом аспекте. Обеспечение конфиденциальности данных, защита от угроз и надежное управление доступом к ресурсам становятся важными факторами при выборе между облачными, туманными и граничными вычислениями.

Таким образом, при разработке проектов IoT крайне важно внимательно анализировать потребности и выбирать наилучший тип вычислений для обеспечения эффективной и безопасной работы вашего приложения. Этот тщательный анализ поможет избежать ненужных сложностей и обеспечит оптимальное использование вычислительных ресурсов в соответствии с уникальными характеристиками вашего проекта IoT.

Литература

1. Мельник Эдуард Всеволодович, Клименко Анна Борисовна, Иванов Донат Яковлевич. Модель задачи распределения вычислительной нагрузки для информационно-управляющих систем на базе концепции туманных вычислений // Известия ТулГУ. Технические науки. 2018. №2. URL: cyberleninka.ru/article/n/model-zadachi-raspredeleniya-vychislitelnoy-nagruzki-dlya-informatsionno-upravlyayuschih-sistem-na-baze-kontseptsii-tumannyh
2. Chiang M., Balasubramanian B., Bonomi F. Fog for 5G and IoT. Wiley, 2017. 305 pp. URL: books.google.ru/books?id=IWWODgAAQBAJ&hl=ru

3. Довгаль В.А., Довгаль Д.В. Интернет Вещей: концепция, приложения и задачи // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. Естественно-математические и технические науки. 2018. Вып. 1. С. 129–135. URL: vestnik.adygnet.ru/files/2018.1/5228/129-135.pdf

4. Al-Doghman F., Chaczko Z., Ajayan A.R., Klempous R. A review on Fog Computing Technology // Conference Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, SMC 2016 (Budapest, Hungary, October, 9–12, 2017). Institute of Electrical and Electronics. URL: researchgate.net/publication/313586966_A_review_on_Fog_Computing_technology

5. Antonio S. Cisco Delivers Vision of Fog Computing to Accelerate Value from Billions of Connected Devices 2014 P. 1–4. URL: researchgate.net/publication/313586966_A_review_on_Fog_Computing_technology

6. Armbrust M., Fox A., Griffith R., et al. A View of Cloud Computing // Communications of the ACM. 2010 Vol. 53, no. 4 P. 50–58. DOI: 10.1145/1721654.1721672. URL: semanticscholar.org/paper/A-view-of-cloud-computing-Armbrust-Fox/dba46ff18ed8e96497ebe197611536a8128e7386?utm_source=direct_link

7. Воробьев С.П., Горобец В.В. Исследование модели транзакционной системы с репликацией фрагментов базы данных, построенной по принципам облачной среды // Инженерный вестник Дона. - 2012. - № 4. - URL: ivdon.ru/magazine/issue/105?page=3

8. Bonomi F., Milito R., Zhu J. and Addepalli S. Fog Computing and Its Role in the Internet of Things // Proceedings of the 1st ACM Mobile Cloud Computing Workshop, MCC'12 (Helsinki, Finland, August). URL: researchgate.net/publication/235409978_Fog_Computing_and_its_Role_in_the_Internet_of_Things

9. Brito M.S.D., Hoque S., Magedanz T., Steink R., Willner A., Nehls D., Keils O., Schreiner F. A Service Orchestration Architecture for Fog enabled Infrastructures // 2017 2nd International Conference on Fog and Mobile Edge Computing, FMEC 2017 (Valencia, Spain, May, 8–11, 2017). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2017 P. 127–132. URL: researchgate.net/publication/317639602_A_service_orchestration_architecture_for_Fog-enabled_infrastructures
10. Михайлов В.К., Скоба А.Н., Бадашев В.В., Шахов Д.В., Реков А.В., Можяев А.Л. Имитационные модели функционирования распределенных систем обработки информации и их программная реализация // Инженерный вестник Дона. - 2021. - №8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2021/7172

References

1. Melnik E.V., Klimenko A.B., Ivanov D.Ya. Izvestiya TulGU. Tekhnicheskiye nauki. 2018. №2. URL: cyberleninka.ru/article/n/model-zadachi-raspredeleniya-vychislitelnoy-nagruzki-dlya-informatsionno-upravlyayuschih-sistem-na-baze-kontseptsii-tumannyh
2. Chiang M., Balasubramanian B., Bonomi F. Wiley, 2017. 305 pp. URL: books.google.ru/books?id=IWWODgAAQBAJ&hl=ru
3. Dovgal V.A., Dovgal D.V. Vestnik Adygeyskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Estestvenno-matematicheskiye i tekhnicheskiye nauki. 2018. Vol. 1. pp. 129–135. URL: vestnik.adygnet.ru/files/2018.1/5228/129-135.pdf
4. Al-Doghman F., Chaczko Z., Ajayan A.R., Klempous R. Conference Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, SMC 2016 (Budapest, Hungary, October, 9–12, 2017). Institute of Electrical and Electronics. URL: researchgate.net/publication/313586966_A_review_on_Fog_Computing_technology



5. Antonio S. Cisco 2014 URL:
researchgate.net/publication/313586966_A_review_on_Fog_Computing_technology
 6. Armbrust M., Fox A., Griffith R., et al. A View of Cloud Computing // Communications of the ACM. 2010 Vol. 53, no. 4 P. 50–58. DOI: 10.1145/1721654.1721672. URL: semanticscholar.org/paper/A-view-of-cloud-computing-Armbrust-Fox/dba46ff18ed8e96497ebe197611536a8128e7386?utm_source=direct_link
 7. Vorobyov S.P., Gorobets V.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. № 4. URL: ivdon.ru/magazine/issue/105?page=3
 8. Bonomi F., Milito R., Zhu J. and Addepalli S. Proceedings of the 1st ACM Mobile Cloud Computing Workshop, MCC'12 (Helsinki, Finland, August) URL: researchgate.net/publication/235409978_Fog_Computing_and_its_Role_in_the_Internet_of_Things
 9. Brito M.S.D., Hoque S., Magedanz T., Steink R., Willner A., Nehls D., Keils O., Schreiner F. A. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2017 URL:
researchgate.net/publication/317639602_A_service_orchestration_architecture_for_Fog-enabled_infrastructures
 10. Mikhailov V.K., Skoba A.N., Badashev V.V., Shakhov D.V., Rekov A.V., Mozhaev A.L. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. №8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2021/7172
-