

# IoT в облаках, за туманом и на границе



**Александр ГОЛЫШКО,**  
ведущий научный сотрудник  
АО «НПО РусБИТех», к. т. н.

## Cloud Computing

В свое время компания IBM выделила в cloud computing шесть категорий:

1. Платформа как услуга (PaaS) – облако содержит все необходимое для создания и доставки облачных приложений, поэтому нет необходимости обслуживать и покупать оборудование, программное обеспечение и т. д.
2. Программное обеспечение как услуга (SaaS) – приложения запускаются в облаке, а другие компании управляют устройствами, которые подключаются к компьютерам пользователей через веб-браузер.
3. Инфраструктура как услуга (IaaS) – опция, предоставляющая компаниям хранилища, серверы, сети и концентраторы,

Вся парадигма инфокоммуникаций сводится сегодня к своеобразной облачной иерархии. Под облаком (cloud computing) понимается централизованная система, помогающая передавать данные и файлы в центры обработки данных (ЦОД) через интернет. Пусть говорят, что к настоящему времени стало предельно ясно, будто облачные магнаты держат весь мир в дураках, а заодно и за горло, неуклонно задирая арендную плату за пользование облачным ресурсом. Можно было подумать, что капиталисты в облаках будут совсем другими, нежели в каком-нибудь бизнес-центре. Ну а мы, собственно, будем говорить об удобствах, а удобства, как правило, стоят денег.

обрабатывающие данные для каждого использования.

4. Публичное облако – компании управляют облачными пространствами и предоставляют пользователям быстрый доступ через общедоступную сеть.
5. Частное облако – такое же публичное облако, доступ к которому имеет только один человек, которым может быть организация, отдельное предприятие или пользователь.
6. Гибридное облако – основано на частном облаке, но предоставляет доступ и к общедоступному облаку.

Сегодня под Интернетом вещей (IoT – Internet of Things) понимается подключение каких-либо устройств к интернету. Любые устройства, такие как автомобили и самокаты, холодильники и кофеварки, зеркала и унитазы, могут иметь беспроводное подключение к интернету, различные датчики и видеокамеры. Ну а с развитием IoT к этой армии подключенных вещей присоединяется все больше и больше устройств, которых во всем мире, очевидно, уже многие миллиарды.

Фактически любое устройство, подключенное к интернету, является также частью IoT, который, в свою очередь, может анализировать устройства и давать им указания для принятия эффективных решений, а также отслеживать, как выполняются определенные действия. В IoT данные хранятся в режиме реального времени, впрочем, так же, как и исторические данные.

Одним из компонентов, повышающих эффективность IoT, как раз и являются облачные вычисления, позволяющие оперативно получить доступ к тому, чего хочется. При этом в связи с быстрым развитием технологий возникла проблема хранения, обработки и доступа к большим объемам данных, что сделать в облаке можно оперативно. Поэтому логично, что в совместном использовании IoT и облачных технологий открылось множество возможностей по мониторингу и управлению всем сущим. Попутно возникла новая цель – преобразование данных в аналитические данные, чтобы лучше понимать происходящее («глаз замыливается», люди

с развитием технологий не становятся умнее) и, к примеру, стимулировать экономически эффективные и продуктивные действия.

Прежде всего, объединение IoT и облака в IoT Cloud дает множество вариантов подключения и широкий спектр устройств для доступа к ресурсам облачных вычислений: мобильные устройства, планшеты, ноутбуки. Это удобно для пользователей, но создает проблему в наличии сетевых точек доступа, которые все равно надо как-то организовать.

Во-вторых, разработчики могут использовать облачные вычисления IoT по запросу, получая веб-сервис, доступ к которому осуществляется без специального разрешения или какой-либо помощи. Единственное требование – наличие доступа в интернет.

К тому же на основе запроса пользователи могут масштабировать сервис в соответствии со своими потребностями. Можно расширять пространство для хранения, редактировать настройки программного обеспечения и работать с количеством пользователей, получив от облака высокую вычислительную мощность и хранилище.

Еще облачные вычисления подразумевают объединение ресурсов, что влияет на расширение совместной работы и устанавливает тесные связи между пользователями. По мере роста числа используемых устройств Интернета вещей и автоматизации возникают проблемы безопасности. Облачные решения предоставляют компаниям надежные протоколы аутентификации и шифрования.

И, наконец, облачные вычисления IoT удобны тем, что пользователь получает от сервиса ровно столько, сколько платит. Это означает, что стоимость варьируется в зависимости от использования: провайдер измеряет статистику вашего использования. Растущая сеть объектов с IP-адресами необходима для подключения к интернету и обмена данными между компонентами сети.

Разумеется, для реализации всего сказанного выше облачная архитектура должна быть хорошо

спроектирована, поскольку от этого зависят надежность, безопасность, экономичность и оптимизация производительности.

## Edge Computing vs Fog Computing

Обработка данных на границе сети или граничные вычисления (Edge Computing) также используются в решениях IoT и обеспечивают более быструю обработку и время отклика. Граничные

как туманные вычисления были связаны с узлами, которые располагаются где-то между хостом и облаком. Все это было предназначено для того, чтобы приблизить вычислительные возможности системы к главной машине. Получив небольшую популярность, термин «граничные вычисления» был введен компанией IBM в 2015 году

Туманные вычисления, также известные как туманные сети или fogging, представляют собой децентрализованную вычисли-

---

Облачные вычисления IoT удобны тем, что пользователь получает от сервиса ровно столько, сколько платит.

---

(пограничные, периферийные) вычисления обрабатывают данные ближе к источнику генерации, а IoT соединяет различные устройства и датчики для сбора и обмена данными. Соответственно, граничные вычисления сокращают задержки и требования к пропускной способности за счет локальной обработки данных, в то время как IoT опирается на централизованную обработку и хранение данных.

В целом граничные вычисления могут улучшить IoT, предоставляя возможности аналитики и обработки в реальном времени, повышая эффективность и скорость реагирования систем IoT. Однако Edge Computing не работает с облаком, и именно поэтому здесь выигрывают туманные вычисления (Fog Computing), поскольку в работе с облаком они вполне компетентны.

Туманные вычисления можно определить как логичное расширение облачных вычислений. Они распространяются от ядра сети до ее границ. Термин «туманные вычисления» был введен компанией Cisco Systems в январе 2014 года. Просто туманом называют облака, расположенные близко к земле. В целом точно так же,

тельную архитектуру, которая предоставляет возможности облачных вычислений на границе сети. Устройства, составляющие инфраструктуру fog, известны также как узлы fog. В туманных вычислениях все возможности хранения, вычислительные возможности, данные вместе с приложениями размещаются между облаком и физическим хостом. Все эти функциональные возможности больше ориентированы на хост, что ускоряет обработку, поскольку она выполняется практически в том месте, где создаются данные, повышает эффективность системы и используется для обеспечения повышенной информационной безопасности.

## Fog

Туманные вычисления имеют несколько разновидностей.

Прежде всего, в туманных вычислениях на уровне устройства используются технологии с низким энергопотреблением, включая датчики, коммутаторы и маршрутизаторы. С их помощью можно собирать данные с этих устройств и загружать их в облако для анализа.

В туманных вычислениях граничного уровня используются серверы или устройства, подключенные к сети. Эти устройства можно использовать для обработки данных перед их отправкой в облако.

Туманные вычисления на уровне шлюза используют устройства для подключения edge к облаку. Эти устройства можно использовать для управления трафиком и отправки только релевантных данных в облако.

Облачные туманные вычисления используют облачные серверы или устройства. Эти устройства можно использовать для обработки данных перед их отправкой конечным пользователям.

Туманные вычисления используются, когда для отправки в облако требуются только выбранные данные, которые предназначены для долгосрочного хранения, и к ним хост обращается реже. Fog computing используется, когда данные должны быть проанализированы в течение долей секунды, т. е. задержка должна быть низкой.

Туманные вычисления используются всякий раз, когда необходимо предоставить большое количество услуг на большой территории в разных географических точках. Устройства, которые подвергаются тщательным вычислениям и обработке, также должны использовать туманные вычисления.

Когда между хостом и облаком размещается еще один слой, закономерно увеличивается энергопотребление.

Разумеется, сложнее планировать задачи между хостом и туманными узлами, а также туманными узлами и облаком. Управление данными становится довольно утомительным процессом, поскольку наряду с хранением и вычислением данных передача данных также включает шифрование-дешифрование, которые, в свою очередь, высвобождают данные.

## Edge

В свою очередь граничные вычисления можно определить в качестве архитектуры. И в этой архитектуре используются клиенты конечных пользователей. Также известно использование одного или нескольких граничных устройств, расположенных рядом с пользователем. Edge Computing работает, а затем приближает вычислительные мощности к нескольким источникам данных. Этими ресурсами могут быть датчики, различные мобильные устройства и др.

Основопологающей причиной тенденции перехода к граничным вычислениям является быстрый рост числа устройств IoT. По мере того как все больше устройств подключается к интернету, возрастает потребность в быстрой обработке и аналитике данных. Граничные вычисления решают эту задачу путем децентрализации вычислительных ресурсов и приближения их к устройствам, генерирующим данные, что снижает необходимость отправки огромных объемов данных в облако для обработки.

Edge Computing может повысить качество производительности всей системы. Однако Edge Computing нельзя сделать с помощью существующих компонентов. Однако, несомненно, это проще, чем туманные вычисления. К тому же Edge Computing имеет меньше шансов на сбой. Интеллектуальные и производительные

## Преимущества туманных вычислений заключаются в том, что подобный подход сокращает объем данных, которые необходимо отправлять в облако.

К компонентам туманных вычислений относятся граничные устройства, представляющие собой сетевые устройства, ближайšie к источнику данных. Как правило, граничные устройства состоят из датчиков, программируемых логических контроллеров (ПЛК) и шлюзовых маршрутизаторов.

Обработка данных в туманных вычислениях происходит локально на граничных устройствах, а не направляется для обработки куда-нибудь в ЦОД. Результатом этого является повышение производительности и снижение задержек. Вместо передачи данных куда-то в центр граничные устройства могут хранить информацию локально. Это также повышает безопасность и конфиденциальность при одновременном снижении задержек.

Для работы туманных вычислений граничные устройства должны быть подключены к остальной сети на высоких скоростях, что можно сделать проводными или беспроводными способами.

Реальные примеры, где используются туманные вычисления, — это устройства IoT с датчиками, камерами (в рамках IIoT – промышленного Интернета вещей) и т. д.

Преимущества туманных вычислений заключаются в том, что подобный подход сокращает объем данных, которые необходимо отправлять в облако. Поскольку расстояние, которое приходится преодолевать данным, сокращается, это приводит к экономии пропускной способности сети.

Также сокращается время отклика системы, что повышает общую безопасность системы, поскольку данные хранятся близко к хосту. Это обеспечивает лучшую конфиденциальность, поскольку отрасли могут выполнять анализ своих данных локально.

Недостатки туманных вычислений заключаются, прежде всего, в том, что между хостом и узлом fog может возникнуть перегрузка из-за интенсивного потока данных.

Таблица	
Граничные вычисления	Туманные вычисления
Менее масштабируемы, чем туманные вычисления.	Высокая масштабируемость по сравнению с граничными вычислениями.
Присутствуют миллионы узлов.	Присутствуют миллиарды узлов.
Узлы устанавливаются далеко от облака.	Узлы в этих вычислениях установлены ближе к облаку (удаленной базе данных, где хранятся данные).
Edge computing – это подразделение fog computing.	Это подразделение облачных вычислений.
Требования к пропускной способности очень низкие, потому что данные поступают от самих граничных узлов.	Требования к пропускной способности высоки, потому что данные, поступающие с граничных узлов, передаются в облако.
Эксплуатационные расходы выше.	Эксплуатационные расходы сравнительно ниже.
Высокая конфиденциальность. Уровень атак на данные очень низок.	Вероятность информационных атак выше.
Граничные устройства – это включение устройств Интернета вещей или клиентской сети.	Туман – это расширенный слой облаков.
Энергопотребление узлов низкое.	Из-за энергопотребления узлов важная информация фильтруется из огромного объема данных, собираемых с устройства, и сохраняется в фильтре high.
Граничные вычисления помогают устройствам получать более быстрые результаты за счет обработки данных, одновременно поступающих с устройств.	Туманные вычисления помогают отфильтровывать важную информацию из огромного объема данных, собираемых с устройства, и сохраняют ее в облаке, отправляя отфильтрованные данные.

возможности граничного шлюза Edge Computing размещаются в различных устройствах, например, в программируемых контроллерах автоматизации. Тем не менее, вопросы конфиденциальности вызывают озабоченность в отношении граничных вычислений.

В целом обработка данных на границе сети используется в решениях IoT и обеспечивает более быструю обработку и время отклика. Если рассмотреть крупное предприятие со множеством встроенных датчиков IoT, в данной ситуации перед отправкой данных для обработки в облако имеет смысл агрегировать их вблизи границы, чтобы предотвратить перегрузку облака за счет сокращения прямых подключений.

ЦОДы с таким подходом значительно ускоряют обработку данных. Однако подход, основанный только на edge, никогда не обеспечит полного представления о бизнес-операциях. Если облачного решения нет, то предприятие управляет каждым устройством только по отдельности. Кроме того, она не имеет возможности представить, как эти устройства работают по отношению друг к другу. Вот почему только сочетание edge и облака позволит предприятиям извлечь выгоду из разработок в области IoT.

Граничные вычисления оказывают существенное влияние

на веб-разработку. По мере развития веб-приложений и веб-сайтов становится очевидной растущая потребность в функциях, требующих больших объемов данных и работающих в режиме реального времени. Традиционные централизованные центры обработки данных с трудом справляются с огромным объемом данных, что приводит к потенциальным проблемам с задержками. Граничные вычисления снимают эти проблемы, обеспечивая быструю обработку и анализ данных у источника.

Архитектура микросервисов предполагает разбиение монолитных приложений на небольшие независимые модули, каждый из которых отвечает за различные аспекты работы приложения. Граничные вычисления представляют собой идеальную платформу для развертывания и управления такими микросервисами, обеспечивая оптимальную производительность, масштабируемость и надежность.

Сети доставки контента (CDN – Content Delivery Networks) также являются основным компонентом граничной вычислительной инфраструктуры. Благодаря кэшированию и доставке содержимого сайта пользователям с близлежащих серверов CDN значительно сокращают время загрузки контента, обеспечивая более быстрое и плавное взаимодействие с пользователем.

Различия между Edge и Fog приведены в таблице.

## Итак, Edge и Fog занимают свои ниши.

Появление граничных вычислений открыло разработчикам двери для создания новых типов приложений, использующих возможности распределенных вычислений. Например, IoT-системы «умных городов» в значительной степени опираются на инфраструктуру граничных вычислений для своевременного предоставления информации и услуг пользователям, сводя к минимуму необходимость в обширной облачной обработке данных.

Туманные вычисления предоставляют облачные возможности на границе сетей, повышая эффективность, снижая задержки и улучшая возможности обработки данных. Это идеально подходит для анализа данных в реальном времени, приложений с низкой задержкой, таких как IoT, и ситуаций, когда конфиденциальность и безопасность данных имеют решающее значение.

Как представляется, дальнейшее погружение в технологические споры о том, чем Edge или Fog лучше друг друга, без конкретных кейсов будет нецелесообразным.

Открывайте новые проекты и берегите себя. ■