**MQTT** ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *message queuing telemetry transport*) — упрощённый [сетевой протокол](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B8_%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85), работающий поверх [TCP/IP](https://ru.wikipedia.org/wiki/TCP/IP), ориентированный на обмен сообщениями между устройствами по принципу «[издатель — подписчик](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%E2%80%94_%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%BF%D0%B8%D1%81%D1%87%D0%B8%D0%BA)».

Протокол MQTT определяет два типа сетевых объектов: брокер сообщений и несколько клиентов. Брокер MQTT — это сервер, который получает все сообщения от клиентов, а затем направляет сообщения соответствующим клиентам-получателям.[17] Клиент MQTT — это любое устройство (от микроконтроллера до полноценного сервера), на котором работает библиотека MQTT и которое подключается к брокеру MQTT по сети.[18]

Информация организована в иерархию тем. Когда у издателя есть новый элемент данных для распространения, он отправляет управляющее сообщение с данными подключенному брокеру. Затем брокер распространяет информацию среди всех клиентов, которые подписались на эту тему. Издателю не обязательно иметь какие-либо данные о количестве или местоположении подписчиков, а подписчикам, в свою очередь, не нужно настраивать какие-либо данные об издателях.

Если брокер получает сообщение по теме, на которую нет текущих подписчиков, брокер отбрасывает это сообщение, если только издатель сообщения не обозначил это сообщение как сохраненное. Сохраненное сообщение — это обычное сообщение MQTT с флагом сохранения, установленным в значение true. Брокер сохраняет последнее сохраненное сообщение и соответствующее качество обслуживания (QoS) для выбранной темы. Каждый клиент, который подписывается на шаблон темы, соответствующий теме сохраненного сообщения, получает сохраненное сообщение сразу после подписки. Брокер хранит только одно сохраненное сообщение по каждой теме.[19] Это позволяет новым подписчикам темы получать самую свежую информацию, а не ждать следующего обновления от издателя.

Когда клиент публикации впервые подключается к брокеру, он может настроить сообщение по умолчанию для отправки подписчикам, если брокер обнаружит, что клиент публикации неожиданно отключился от брокера.

Клиенты взаимодействуют только с брокером, но система может содержать несколько серверов-брокеров, которые обмениваются данными по текущим тематикам своих подписчиков.

Минимальное управляющее сообщение MQTT может содержать всего два байта данных. При необходимости управляющее сообщение может содержать около 256 мегабайт данных. Существует четырнадцать определенных типов сообщений, используемых для подключения и отключения клиента от брокера, публикации данных, подтверждения получения данных и контроля соединения между клиентом и сервером.

MQTT использует протокол TCP для передачи данных. Вариант MQTT-SN используется поверх других транспортных средств, таких как UDP или Bluetooth.

MQTT отправляет учетные данные для подключения в текстовом формате и не включает никаких мер по обеспечению безопасности или аутентификации. Это можно обеспечить с помощью TLS для шифрования и защиты передаваемой информации от перехвата, изменения или подделки.

Незашифрованный порт MQTT по умолчанию — 1883. Зашифрованный порт — 8883.[20]

Брокер MQTT — это часть программного обеспечения, работающая на компьютере (локально или в облаке) и может быть создана самостоятельно или размещена на стороннем сервере. Он доступен как в версии с открытым исходным кодом, так и в собственной реализации.

Брокер действует как почтовое отделение. Клиенты MQTT не используют адрес прямого подключения предполагаемого получателя, а используют строку темы под названием «Тема». Любой, кто подпишется, получит копию всех сообщений по этой теме. Несколько клиентов могут подписаться на тему у одного брокера (возможность «один ко многим»), а один клиент может регистрировать подписки на темы у нескольких брокеров (возможность «многие к одному»).

Каждый клиент может как создавать, так и получать данные путем публикации и подписки, т. е. устройства могут публиковать данные датчиков и при этом иметь возможность получать информацию о конфигурации или команды управления (MQTT — это протокол двунаправленной связи). Это помогает как в обмене данными, так и в управлении и контроле устройств. Клиент не может транслировать одни и те же данные по ряду тем и должен публиковать брокеру несколько сообщений, каждое из которых имеет одну тему.

Благодаря архитектуре брокера MQTT клиентские устройства и серверное приложение становятся разделенными. Таким образом, клиенты остаются в неведении относительно информации друг друга. MQTT, если он настроен, может использовать шифрование TLS с соединениями, защищенными сертификатом, именем пользователя и паролем. При желании для соединения может потребоваться сертификация в виде файла сертификата, который предоставляет клиент и который должен совпадать с копией сервера.

В случае сбоя программное обеспечение брокера и клиенты могут автоматически передать работу резервному/автоматическому резервному брокеру. Брокеры резервного копирования также можно настроить для распределения нагрузки клиентов между несколькими серверами на месте, в облаке или их комбинацией.

Брокер может поддерживать как стандартный MQTT, так и MQTT для соответствующих спецификаций, таких как Sparkplug.[21] Это можно сделать с тем же сервером, в то же время и с тем же уровнем безопасности.

Брокер отслеживает всю информацию о сеансе при включении и выключении устройства с помощью функции, называемой «постоянные сеансы». В этом состоянии брокер будет хранить как информацию о соединении для каждого клиента, темы, на которые подписался каждый клиент, так и любые сообщения для темы с QoS 1 или 2.[22]

Основными преимуществами MQTT-брокера являются:

Устраняет уязвимые и небезопасные клиентские соединения, если это настроено.

Легко масштабируется от одного устройства до тысяч

Управляет и отслеживает все состояния клиентских подключений, включая учетные данные безопасности и сертификаты, если это настроено.

Снижение нагрузки на сеть без ущерба для безопасности, если она настроена на (сотовую или спутниковую сеть)

Типы сообщений

Соединять

Пример подключения MQTT (QoS 0) с подключением, публикацией/подпиской и отключением. Первое сообщение от клиента B сохраняется благодаря флагу сохранения.

Ожидает установления соединения с сервером и создает связь между узлами.

Отключить

Ожидает, пока клиент MQTT завершит всю необходимую работу и отключится сеанс TCP/IP.

Публиковать

Немедленно возвращается в поток приложения после передачи запроса клиенту MQTT.

Версия 5.0

В 2019 году OASIS выпустила официальный стандарт MQTT 5.0.[1] Версия 5.0 включает в себя следующие основные новые функции:[23]

Коды причин: подтверждения теперь поддерживают коды возврата, указывающие причину сбоя.

Общие подписки: позволяют распределять нагрузку между клиентами и тем самым снижают риск проблем с нагрузкой.

Срок действия сообщения: сообщения могут включать дату истечения срока действия и удаляются, если они не доставлены в течение этого периода времени.

Псевдоним темы: название темы можно заменить одним числом.

MQTT 5.0 также поддерживает соединения MQTT по транспортному протоколу QUIC. MQTT поверх QUIC обеспечивает повышенную производительность за счет уменьшения количества обменов во время процесса подключения, уменьшения общей задержки и улучшения обработки перегрузок сети и коммутации.[24]

Качество обслуживания

Для каждого соединения с брокером можно указать меру QoS.[25] Они классифицируются в порядке возрастания накладных расходов:

Максимум один раз — сообщение отправляется только один раз, и клиент и брокер не предпринимают дополнительных действий для подтверждения доставки («выпустил и забыл»).

Хотя бы один раз — отправитель повторяет попытку отправки сообщения несколько раз, пока не будет получено подтверждение (подтвержденная доставка).

Ровно один раз — отправитель и получатель выполняют двухуровневое рукопожатие, чтобы гарантировать получение только одной копии сообщения (гарантированная доставка).

Это поле не влияет на обработку базовой передачи данных TCP; он используется только между отправителями и получателями MQTT.

Безопасность

Безопасность протокола MQTT была скомпрометирована[26] в 2020 году итальянскими исследователями, осуществившими медленные DoS-атаки на этот протокол (см. CVE-2020-13849).

Кластеризация

Кластеризация MQTT — это метод, используемый для обеспечения высокой доступности, отказоустойчивости и масштабируемости в развертываниях MQTT.[27] Являясь эффективным и легким протоколом обмена сообщениями, кластеризация MQTT позволяет