

УДК 004.774-047.44

АНАЛИЗ И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОТОКОЛОВ MQTT, COAP И HTTP В ИОТ-СИСТЕМАХ

С.Н. НЕСТЕРЕНКОВ, К.С. ШОТЬ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Беларусь)*

E-mail: ksyshashot2005@gmail.com

Аннотация. В работе представлен анализ и сравнительная оценка протоколов MQTT, CoAP и HTTP, применяемых в системах Интернета вещей. Рассматриваются их архитектурные особенности, транспортные механизмы, требования к ресурсам, уровень надежности передачи данных и энергопотребление.

Abstract. The paper presents an analysis and comparative evaluation of the MQTT, CoAP, and HTTP protocols used in Internet of Things systems. It examines their architectural features, transport mechanisms, resource requirements, data transmission reliability levels, and power consumption.

Введение

Системы IoT включают в себя датчики, исполнительные устройства, шлюзы, облачные платформы и клиентские приложения, которые взаимодействуют в условиях нестабильности каналов связи, ограниченности пропускной способности сети, а также минимального энергопотребления. Ключевым фактором, который значительно влияет на производительность таких систем, является используемый протокол передачи данных. Для IoT-систем были разработаны специализированные протоколы, ориентированные на среду Интернета вещей. В данной работе произведен анализ и сравнение протоколов MQTT, CoAP и HTTP с точки зрения их применимости в IoT-системах.

Протокол HTTP и его применение в IoT-системах

Протокол HTTP является прикладным протоколом передачи гипертекста, который широко используется повсеместно, чаще всего в веб-технологиях. Он функционирует по модели «клиент-сервер», которая реализуется за счет механизма «запрос-ответ». Протокол HTTP работает поверх транспортного протокола TCP, благодаря чему есть высокая надежность доставки данных.

Основными особенностями, помимо работы поверх TCP, являются использование текстового формата сообщений, поддержка REST-архитектуры, а также универсальность, что объясняет широкую поддержку данного протокола в различных системах, отличных от IoT. Однако, несмотря на распространенность, использование протокола HTTP в IoT-системах имеет ряд ограничений [1]. Данный протокол предполагает значительный объем служебных данных, что увеличивает размер передаваемых пакетов. Кроме того, установление TCP-соединения требует дополнительных временных и энергетических затрат, что достаточно критично для устройств с автономным питанием. Тем не менее, протокол HTTP все еще остается востребованным в IoT системах, где ресурсы не являются строго ограниченными, как, например, в облачных сервисах или мобильных приложениях.

Особенности протокола MQTT

Протокол MQTT является специально разработанным протоколом для работы в условиях ограниченной пропускной способности и нестабильности сети. Этот легкий протокол обмена сообщениями функционирует по модели публикация-подписка (publish/subscribe), а также использует брокер сообщений в качестве центрального элемента всей архитектуры [2].

Ключевой особенностью MQTT является асинхронная передача сообщений: модель publish/subscribe позволяет логически и физически разделить отправителя и получателя данных. Устройства публикуют сообщения, брокер пересылает сообщения подписчикам в режиме реального времени. Кроме того, протокол MQTT поддерживает технологию QoS, которая позволяет определять три уровня качества обслуживания: QoS 0 – сообщение доставляется без подтверждения доставки только один раз; QoS 1 – благодаря возможности повторной отправки сообщение гарантировано будет доставлено как минимум один раз; QoS 2 – сообщение будет получено гарантировано и один раз, без дублирования [2]. Как и HTTP, протокол MQTT работает поверх TCP, что обеспечивает еще большую надежность доставки сообщения.

Благодаря тому, что протокол MQTT разрабатывался под IoT-системы, он имеет значительные преимущества перед остальными протоколами. Это низкое энергопотребление, эффективная работа при нестабильном соединении и снижение сетевой нагрузки. При этом требуется наличие брокера сообщений, что является недостатком протокола, так как это дополнительный компонент в архитектуру всей системы.

Протокол CoAP в системах Интернета вещей

Еще один протокол, рассматриваемый в данной работе, – CoAP, который также является специально разработанным для устройств с ограничением ресурсов. Однако, в отличие от MQTT, данный протокол реализует модель запрос-ответ, что делает его похожим на HTTP, но в мире IoT-технологий [3]. Протокол CoAP функционирует поверх UDP (в противоположность HTTP), что помогает снижать накладные расходы. Тем не менее, использование UDP приводит к тому, что надежность доставки обеспечивается только лишь за счет механизмов самого протокола CoAP, а не транспортным уровнем.

Протокол CoAP характеризуется компактным бинарным форматом сообщений, возможностью групповой адресации и использованием REST-подхода [3]. CoAP может использоваться в сенсорных сетях и системах мониторинга, где важны минимальные задержки и экономия ресурсов.

Сравнительный анализ протоколов MQTT, CoAP и HTTP

Наиболее принципиальным отличием является модель работы протокола. HTTP и CoAP используют систему «запрос-ответ», при которой клиент инициирует обмен данными. В отличие от них, MQTT применяет в своей модели взаимодействия систему публикаций и подписок, которая предполагает наличие брокера. Такая особенность MQTT снижает связанность устройств в IoT-системе, что повышает масштабируемость системы [4], а для распределенных систем Интернета вещей это особенно важно.

Следующее существенное различие – это транспортный уровень. HTTP и MQTT работают поверх TCP, обеспечивающего надежность передачи за счет установления соединения и подтверждения доставки. Однако это увеличивает накладные расходы и энергопотребление. CoAP функционирует поверх протокола UDP, что снижает задержки и уменьшает объем служебных данных, но требует дополнительных механизмов контроля доставки уже непосредственно на уровне приложения. Особого внимания заслуживает механизм обеспечения надежности. В MQTT реализуются уровни QoS, которые дают гибкость при выборе между минимальной нагрузкой сети и гарантированной доставкой. В CoAP предусмотрены подтверждаемые сообщения, что дает надежность и при этом сохраняет возможность пользоваться преимуществами UDP [4]. В HTTP надежность полностью обеспечивается благодаря делегировании этих задач транспортному уровню TCP.

С точки зрения объема служебной информации самым «тяжелым» протоколом является HTTP. Это обуславливается тем, что он использует текстовый формат сообщений и заголовков, в то время как протоколы MQTT и CoAP используют бинарные структуры при передаче данных. По показателю энергопотребления протокол HTTP также является наименее эффективным.

Заключение

Исходя из сравнительного анализа выбор протокола передачи данных для IoT-систем должен осуществляться с учетом требований к надежности, энергопотреблению и объему передаваемых данных, а также архитектуры системы. Протокол HTTP – универсальный и широко распространенный, однако его использование для IoT-систем не всегда является эффективным из-за ограниченных ресурсов у устройств.

Протокол CoAP – это облегченная альтернатива HTTP, которая уже предназначена для устройств с низкими требованиями к сетевым и вычислительным ресурсам системы. Протокол MQTT показывает высокую эффективность в системах телеметрии благодаря своей модели публикация-подписка, небольшому объему служебных данных и разным уровням качества обслуживания. Таким образом, для большинства IoT-сценариев наиболее целесообразным является использование MQTT или CoAP, тогда как HTTP чаще применяется на уровне шлюзов и облачных сервисов.

Список использованных источников

1. Al-Fuqaha, A. Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications / A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2015. – Vol. 17, no. 4. – P. 2347-2376.
2. Banks, A. MQTT Version 3.1.1 / A. Banks, R. Gupta. – OASIS Standard, 2014.
3. Shelby, Z. The Constrained Application Protocol (CoAP) / Z. Shelby, K. Hartke, C. Bormann. – IETF RFC 7252, 2014.
4. Granjal, J. Security for the Internet of Things: A Survey of Existing Protocols and Open Research issues / J. Granjal, E. Monteiro, J. S. Silva // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2015. – Vol. 17, no. 3. – P. 1294-1312.