

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

Тема: Моделювання мікроелектронної інформаційної системи

Мета: Ознайомлення з хмарними технологіями обробки даних при моделюванні мікроелектронних інформаційних систем на базі мікроконтролерів

1.1 Публічні хмарні сервери для IoT пристроїв

1.1.1 MQTT брокери -протоколи обміну повідомленнями

Протокол MQTT - це мабуть найперше, на що натикаєшся в пошукових системах, коли шукаєш спосіб віддаленого управління різними "розумними пристроями". Для даного протоколу існує багато готових бібліотек для Arduino IDE. Мобільних програм - достатньо, щоб вибрати і для смартфона, і для контрольної панелі, зробленої з стародавнього планшета. Тож це, напевно, найпопулярніший варіант для реалізації віддаленого керування. Хмарних серверів також досить багато, називаються вони MQTT брокерами. Короткі відомості наведені в таблиці 1.1, детальніше кожен брокер буде описано нижче.

Таблиця 1.1 — Перелік MQTT брокерів.

Сервіс	Версія протоколу та порти	Тип авт*	Web	API	Префікс топіків	Найбільш бюджетний тарифний план (за місяць)		Особливості
						Ціна	Обмеження	
cloudmqtt.com	MQTT 3.1.1 TCP, TLS, WS+TLS	L+P	✓	✗		5 \$	25 підключень; 20 Kbit/s	Немає безкоштовних тарифів
mqtt.by	TCP	L+P	✗	✗	/user/xx/	FREE	без обмежень	Потрібен певний префікс для топіків
flespi.io	MQTT 5 TCP, TLS	TOK	✓	✓		FREE	100 підключень; 1 млн повідомлень за хвилину; 100MB retained повідомлень	Складний інтерфейс та керування доступом. Платні послуги на запит.
shiftr.io	MQTT 3.1.1 TCP, TLS, WS+TLS	L+P	✓	✓		FREE	100 підключень; 5000 повідомлень за секунду; 6 годин роботи на добу	Цікавий інтерфейс моніторингу роботи сервера
HiveMQ Public Broker	MQTT 3.1.1 TCP, WS	✗	✗	✗		FREE	без обмежень	Публічний сервер, без авторизації
HiveMQ Cloud Cluster	MQTT 3.1.1 TLS only	L+P	✗	✗		FREE	100 підключень; 10 GB щомісяця; термін зберігання до 3 днів	Невеликий час зберігання retained повідомлень, при перевищенні ліміту basic погодинна ставка

mosquitto.org	MQTT 3.1.1 TCP, TLS, WS, WS+TLS	×	×	×		FREE	без обмежень	Публічний сервер авторизації. Ідеальний для тестування TLS
IBM Cloud (Bluemix)	TCP, TLS	?	✓	✓	топики в строгому форматі	FREE	500 підключень; 200 MB на метрику	IoT платформи. Дуже складний варіант. Топіки у строго визначеному форматі
mqtt.dioty.co	MQTT 3.1.1 TCP, TLS, WS+TLS	L+P	×	×	/e@mail/	FREE	без огр. по клієнтам; 50000 повідомлень на місяць (~70 на годину)	Потрібний певний префікс для топиків. Обмеження приблизно 70 повідомлень на годину
Solace.Cloud (PubSub+)	TCP, TLS	?	✓	✓		FREE	50 підключень; 1 GB даних на місяць; 4 GB збережених даних	IoT платформи. Дуже складний варіант.
myqthub.com	MQTT 3.1.1 TCP, TLS	L+P	✓	✓		FREE 50 підключень; 10000 повідомлень на день; 10 MB retained	50 підключень; 10000 повідомлень на день; 10 MB retained	Складна система обмежень

Примітка: у стовпці "Тип авт." вказано тип авторизації:

- **×** – без авторизації (публічний брокер)
- **L+P** – авторизація за логіном та паролем
- **TOK** – авторизація за токеном, що генерується сервісом
- **SRT** – авторизація за сертифікатом користувача

Сервіс cloudmqtt.com досить зручний та простий, все інтуїтивно зрозуміло. У 2018 році сервіс допускав на безкоштовному тарифному плані підключення до 10 пристроїв, але на цей час CloutMQTT.com став повністю платним. Найдешевший платний тарифний план Humble Hedgehog коштує на момент написання статті 5 \$ на місяць. У даному пакеті всього – 25 підключень.

Плюси: багато прикладів на різних сайтах.

Мінуси: немає безкоштовних тарифів, все лише за гроші.

Простий у використанні брокер mqtt.by. Про обмеження не сказано нічого. Підтримує авторизацію, але є можливість зробити деякі топіки публічними, тобто відкрити для решти користувачів сервісу. Але немає підтримки безпечного з'єднання (TLS), це може бути критично для деяких програм. Кожен публікований топик повинен починатися з префіксу "/user/ім'я_користувача", що дещо ускладнює налаштування мобільних mqtt клієнтів, але не суттєво. З плюсів – на сервері є загальнодоступні топіки з датою та часом, що дуже зручно для контрольної панелі на основі планшета, яка працює 24 години на добу – заразом і годинники ще одні.

Плюси: без будь-яких обмежень, є публічні топіки, можна опублікувати свої топіки.

Мінуси: потрібний певний префікс для топіків, немає SSL/TLS шифрування підключень.

Сервіс `mqtt.flespi.io` допускає аж 100 конкуруючих підключень одночасно і величезні обсяги повідомлень, що передаються і зберігаються. Однак сервіс не такий зручний, як CloudMQTT. Контрольна панель не дуже зручна (хоча й удосконалюється), налаштування прав доступу на перший погляд ускладнено. Авторизація і пристроїв, і смартфонів виконується як у всіх, а по генерованим токенам з обмеженим терміном дії. Строго кажучи, це далеко не тільки MQTT брокер, так що, можливо, іноді на різних смартфонах перестане оновлюватися інформація в деяких топах.

Плюси: до 100 підключень.

Мінуси: не дуже зручний, складний у налаштуванні спочатку, доступ по токенам з обмеженим терміном дії.

Сервіс `shiftr.io` - досить цікавий брокер. Сервіс підтримує MQTT протокол версії 3.1.1, підключення можливе через TCP, SSL/TLS та WebSocket з'єднання. Крім того, можлива взаємодія з брокером по HTTP-протоколу, наприклад, це може бути корисно для отримання даних на будь-який сайт або додаток. Сервіс надає вже готовий Desktop-додаток для роботи з брокером. Головною ж особливістю брокера є досить цікавий інтерфейс управління, на якому в динамічному режимі відображаються у вигляді схеми підключені пристрої, генеровані ними топіки, підписки на них, і дані.

На безкоштовному тарифі можливе підключення до 100 пристроїв одночасно та до 5000 повідомлень за секунду. Крім того, можна створити кілька екземплярів брокера та працювати з ними паралельно. Для особистого застосування цілком прийнятні умови. Але, на превеликий жаль, є ще одне обмеження: безкоштовні екземпляри не можуть працювати більше 6 годин на добу, після чого вони переводяться в сплячий режим.

Проблеми із підключенням до `shiftr.io`: на тестовому пристрої проявляється як періодичні обриви зв'язку клієнтів (ESP32 та смартфона) від брокера, панель управління у цей час видає "Instance Unreachable".

З інших особливостей варто відзначити відсутність префікса перед топіками (тобто немає необхідності ставити ім'я користувача або слеш (/) перед ім'ям топіка: замість `"/device/lamp0"` слід писати `"device/lamp0"`, тобто цей брокер цілком підходить для роботи з IoT Manager. Довжина топіка обмежена 128 символами, а розмір повідомлення, що публікується, не може бути більше 64 кілобайт. Кількість підписок на кожне активне підключення не повинна перевищувати 100. Є можливість перевести створений Вами приватний екземпляр у публічний доступ, тобто надати доступ до нього всім бажаючим (наприклад, для демо-версії Вашого проекту).

Плюси: до 100 підключень; немає необхідності в префіксі топіків (підходить для IoT Manager).

Мінуси: сервер працює лише 6 годин на добу; досить часті обриви зв'язку з брокером (Instance Unreachable).

Повністю безкоштовний публічний брокер HiveMQ Public Broker без жодних обмежень. Принаймні, на головній сторінці брокера про них не написано. Але є - цей брокер не має жодної авторизації, тобто взагалі ніякої. Тобто всі повідомлення, що пересилаються між пристроєм і користувачем, може прочитати будь-хто. У цьому не було б великої трагедії, якщо це тільки якісь показники температури і вологості, секрету вони не представляють. Але коли справа стосується віддаленого управління "розумним будинком", то такий брокер вже в принципі не підходить.

Плюси: безкоштовний, без обмежень щодо підключень.

Мінуси: підходить тільки для тестування та метеостанцій без віддаленого керування.

Комерційний брокер HiveMQ Cloud Cluster з авторизацією. HiveMQ Cloud підтримує всю специфікацію MQTT, включаючи QoS 1 та 2, збережені повідомлення, загальні передплати, властивості користувачів та негативні підтвердження. На безкоштовному тарифному плані Basic допускається 100 конкурентних підключень, 10 гігабайт трафіку щомісяця, максимальний розмір повідомлення 5 мегабайт, при цьому термін зберігання повідомлень не більше трьох днів. На платних тарифах (при перевищенні ліміту) ціни погодинні та можуть сягати майже 8\$.

Ім'я сервера та порт підключення можна дізнатися на вкладці Overview після реєстрації у сервісі. Сервер дозволяє налаштовувати облікові записи для кожного пристрою окремо, а також має вбудовані інструменти для початку роботи з брокером. З опису не зовсім ясно, чи підтримуються TLS-з'єднання чи ні.

Плюси: 100 конкурентних підключень на базовому тарифі.

Мінуси: невеликий час зберігання retained повідомлень, при перевищенні ліміту basic погодинна ставка.

Ще один публічний брокер без авторизації - mosquitto.org. Можна не повторюватися, все те саме, що й у HiveMQ Public Broker. Зверніть увагу на те, що всі ці сервери підтримують шифрування TLS аж ніяк не означає, що дані користувача захищені. Захищений канал передачі між пристроєм і сервером, але дані знаходяться у відкритому доступі.

Особливістю даного сервера і те, що у ньому реалізовані порти з різними варіантами підключення по SSL:

- 1883: MQTT, незашифрований
- 8883: MQTT, зашифрований
- 8884: Зашифрований MQTT потрібен сертифікат клієнта
- 8887: Зашифрований MQTT, термін дії сертифіката сервера навмисно

закінчився

- 8080: MQTT через WebSockets, незашифрований
- 8081: MQTT через WebSockets, зашифрований

Це дозволяє тестувати процес підключення до MQTT у різних ситуаціях.

Плюси: відмінно підходить для налагодження підключення; безкоштовний, без обмежень щодо підключень.

Мінуси: підходить тільки для тестування та метеостанцій без віддаленого керування.

IBM Cloud (Bluemix) -це не mqtt брокер, це ціла платформа "Internet of Things Platform". Але в її складі є і mqtt брокер. На безкоштовному тарифному плані "Lite" допускається аж до 500 зареєстрованих пристроїв та по 200 МБ інформації на кожну метрику. Документація є, але її дуже багато. По-друге, платформа дозволяє публікувати топики строго у певному форматі: "iot-2/evt/event_id/fmt/format_string". Так само з командами: "iot-2/cmd/command_id/fmt/format_string". І все – тобто тільки номер повідомлення і саме повідомлення. А ось форматів повідомлень, що передаються, вже більше – "json", "xml", "txt", та "csv". Можливо, комусь такий підхід здається дуже правильним і зручним.

Плюси: дуже великі ліміти щодо підключень.

Мінуси: дуже складний для новачка, обмеження по топіках.

Вже повністю безкоштовний брокер - mqtt.dioty.co. На сторінці параметрів підключення написано наступне: "Цей брокер MQTT в даний час працює в бета-версії. На цьому етапі бета-тестування ми не стягуватимемо плату, якщо ви перевищите ліміт у 50000 повідомлень на місяць. Однак ми залишаємо за собою право тимчасово призупинити дію вашого облікового запису, якщо ви впливаєте на обслуговування інших користувачів. У цьому випадку ми завжди будемо зв'язуватися з вами електронною поштою, щоб спробувати зрозуміти ваші конкретні потреби і те, як ми можемо їх задовольнити.". 50000 повідомлень на місяць – це приблизно 70 повідомлень на годину, що не так вже й багато, якщо врахувати, що один пристрій може публікувати за сеанс відправки даних з датчиків до 50 повідомлень. Брокер підтримує авторизацію та TLS-підключення. Реєстрація прив'язана до облікового запису Google. Є невелике обмеження – усі топіки користувача повинні починатися з адреси електронної пошти, через яку ви зареєструвалися у сервісі, наприклад: "/user12@i.ua/.../.../...". Але ця проблема більш-менш істотна тільки при налаштуванні MQTT клієнтів на смартфоні (більше тексту набирати), та й то не завжди.

Плюси: повністю безкоштовний.

Мінуси: потрібен певний префікс для топіків, обмеження приблизно 70 повідомлень на годину.

Solace.Cloud (PubSub+) - це не так MQTT брокер, як ціла IoT платформа. На безкоштовному тарифному плані допускається до 50 підключень, до 1 GB даних, що передаються в місяць, до 4 GB збережених даних (retained повідомлень). Але навіть у free версії дуже багато налаштувань – у ньому складно розібратися.

Плюси: до 50 підключень.

Мінуси: досить складний в освоєнні.

На безкоштовному тарифному плані myqthub.com припускає: до 100 користувачів, але до 50 підключень; 10MB даних, що зберігаються; до 50

підписок на підключення, максимум 250 підписок; 300 повідомлень за хвилину, але не більше 800 на годину і не більше 10000 на день. Якщо виходити з регулярних (кожних п'ять хвилин) публікацій, виходить не більше 34 повідомлень за раз. Є й ще обмеження – докладніше дивіться на головній сторінці сервісу. Обмеження, втім, виглядають цілком реальними домашнього використання.

Плюси: до 50 підключень.

Мінуси: обмеження щодо кількості повідомлень.

Таким чином, можна зробити висновок, що MQTT простий та зручний спосіб запису даних та подальшої обробки на стаціонарній техніці, але в розглянутих сервісах не має функцій обробки графічної інформації. Для перегляду графіків є інші послуги, налагодити роботи з якими також не становить особливих труднощів. Деякі з них представлені нижче.

1.2 Сервіс beebotte

На головній сторінці цього сервісу написано наступне: “підключення всього в режимі реального часу з використанням багатого API, що підтримує REST, WebSockets та MQTT”. У безкоштовному режимі кількість каналів та ресурсів не обмежена, але обмежена кількість повідомлень: 0.05 Million per day 1.5 Million per month. Для повідомлень, що зберігаються, ліміти ще менше: 5000 per day 150000 per month. Крім того, повідомлення зберігаються лише максимум три місяці, після чого видаляються. Про мобільний клієнт для смартфона поки що нічого не відомо.

Протокол MQTT базується на стеці TCP/IP. У ньому використовується модель публікації-підписки (publish-subscribe, або pub/sub). Клієнт, що передає повідомлення, називається *видавцем (publisher)*; клієнт, який отримує повідомлення - *абонентом (subscriber)*. У центрі знаходиться ***MQTT-брокер (MQTT broker)***, який несе відповідальність за обмін повідомленнями між клієнтами і фільтрацію даних (рис.1). Таким способом йде відокремлення клієнта, що відправляє повідомлення, від іншого клієнта, який отримує повідомлення. На відміну від традиційної моделі клієнт-сервер, клієнти що публікують і підписуються на повідомлення не обізнані про будь-які фізичні ідентифікатори інтерфейсів пристроїв або застосунків (на зразок IP-адреси, або TCP/UDP порту). Вони знають тільки про розміщення в мережі брокера, через який відбувається обмін. У MQTT може бути багато видавців і багато абонентів.

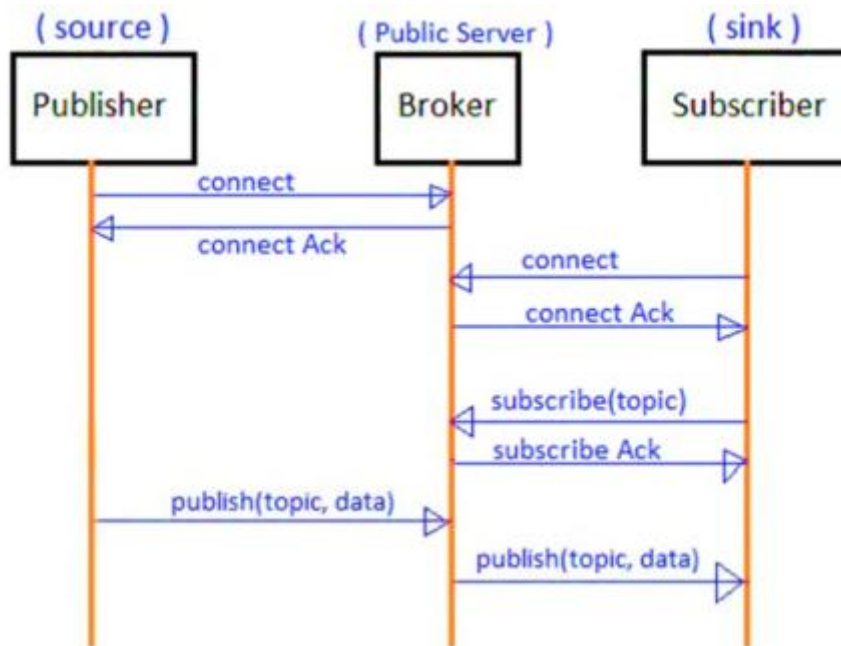


Рис.1. Принцип обміну MQTT повідомленнями через брокер

У MQTT є три рівня якості обслуговування передачі повідомлень (рис.):

- **QoS-0 (незавірена передача)** – це мінімальний рівень QoS, який можна назвати «відправити і забути». Це найефективніший процес доставки без підтвердження одержувачем повідомлення і без повторної передачі повідомлення відправником при втраті даних;
- **QoS-1 (гарантована передача)** - цей режим гарантує доставку повідомлення хоча б один раз одержувачу. Повідомлення може бути доставлено кілька разів, і одержувач на кожне з них відправить назад підтвердження з відповіддю PUBACK;
- **QoS-2 (гарантований сервіс)** - це найвищий рівень QoS, який забезпечує переконання в доставці і інформування відправника і одержувача, що повідомлення було передано правильно. Цей режим генерує більше трафіку через багатокрокове рукошукання між відправником і отримувачем.

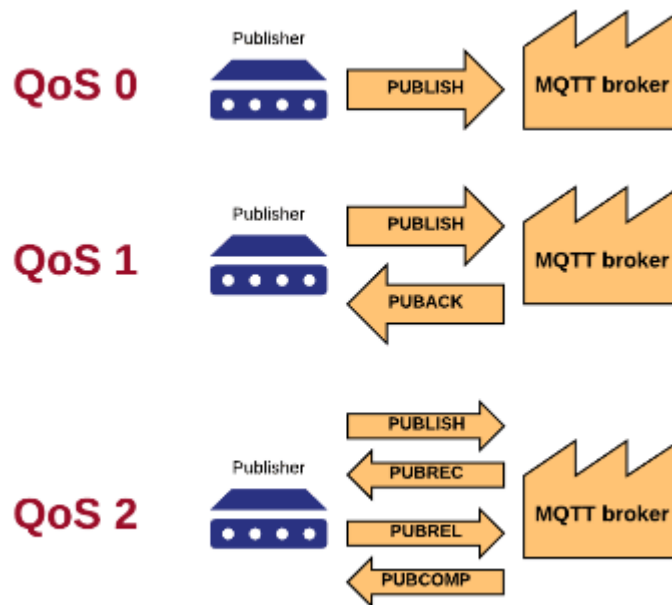


Рис.2- Рівні обслуговування MQTT

QoS в MQTT визначається і контролюється відправником, і у кожного відправника може бути своя політика. Типові випадки використання:

- QoS-0 слід використовувати, коли повідомлення не потрібно зберігати в черзі. QoS-0 найкраще підходить для дротового підключення, або коли система сильно обмежена в пропускну здатності;
- QoS-1 слід використовувати за замовчуванням; QoS1 набагато швидше, ніж QoS2, і значно знижує вартість передачі;
- QoS-2 - для критично важливих застосунків; крім того, для випадків, коли повторна передача дубльованого повідомлення може привести до помилок.

Контрольні питання

1. Які сервіси є безкоштовними?
2. Які дані можуть записуватись на сервери?
3. Як можна використовувати мобільні пристрої в якості клієнтів?