

Universitatea „Gheorghe Asachi” din Iași
Facultatea de Automatică și Calculatoare

BROKER MQTT v5

Proiect - Rețele de Calculatoare

Profesor coordonator
S.I.dr. Nicolae Botezatu

Studenti
Ursachi Octavian
Apostol Vlad-Ionut

Capitolul 1: Introducere

Proiectul nostru reprezintă o implementare avansată a protocolului MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), un pilon central în lumea comunicațiilor IoT (Internet of Things). Scopul este de a furniza o soluție robustă și eficientă pentru gestionarea mesajelor în rețele cu lățime de bandă limitată, caracteristice IoT-ului.

Am inclus în implementarea noastră componente cheie ale protocolului MQTT, precum Connack, Connect, Disconnect, Ping, Puback, Pubcomp, Publish, Pubrec, Pubrel, Suback, Subscribe, Unsuback și Unsubscribe. Acestea asigură o comunicare fluidă și sigură între client și broker-ul MQTT, fiind esențiale pentru menținerea stabilității și eficienței în schimbul de mesaje.

Un aspect inovator al proiectului nostru este interfața grafică pentru broker, care permite utilizatorilor să interacționeze cu sistemul într-un mod intuitiv. Acesta facilitează nu doar trimiterea mesajelor, ci și monitorizarea și gestionarea traficului de rețea într-o manieră accesibilă și ușor de utilizat.

Capitolul 2: Despre MQTT

2.1 Ce este MQTT?

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) este un protocol de mesagerie ușoară bazat pe principiul publicare-abonare (publish-subscribe). Acesta a fost dezvoltat inițial pentru a răspunde nevoilor de comunicație în rețele cu lățime de bandă redusă și în condiții unde stabilitatea conexiunii nu poate fi garantată. Protocolul permite trimiterea de mesaje între dispozitive, minimizând consumul de lățime de bandă și resurse.

2.2 Caracteristici Principale

Eficiență și Ușurință de Implementare: Datorită designului său simplu, MQTT este ușor de implementat și eficient în utilizarea resurselor de rețea.

Modelul Publicare-Abonare: MQTT facilitează decuplarea producătorilor de mesaje de consumatori, îmbunătățind flexibilitatea și scalabilitatea aplicațiilor.

Calitatea Serviciului (QoS): MQTT oferă trei niveluri de QoS pentru livrarea mesajelor, permitând dezvoltatorilor să aleagă între livrare maxim o dată, cel puțin o dată sau exact o dată.

Retenție a Mesajelor și Mesaje Will: Permite retenția mesajelor pentru abonații noi și configurarea unui mesaj 'will' pentru a fi trimis în cazul unei deconectări neașteptate.

2.3 MQTT în Practică

MQTT este larg utilizat în diverse domenii, în special în IoT. Este ideal pentru scenarii precum automatizări casnice, monitorizarea senzorilor, controlul dispozitivelor și multe alte aplicații unde eficiența și fiabilitatea sunt esențiale.

2.4 MQTT vs Alte Protocoale

Comparativ cu alte protocoale cum ar fi HTTP, MQTT se distinge prin eficiența sa în medii cu lățime de bandă limitată și prin abilitatea de a menține stabilitatea comunicației chiar și cu conexiuni de rețea instabile.

Capitolul 3: Arhitectura Sistemului

3.1 Prezentare Generală

În acest capitol, vom explora structura internă a sistemului nostru MQTT, care include broker-ul MQTT, clienții MQTT și interfața grafică utilizator. Vom discuta despre rolul și funcționarea fiecărei componente, precum și despre modul în care acestea interacționează pentru a oferi o soluție de comunicație eficientă.

3.2 Broker MQTT

Broker-ul MQTT este nucleul sistemului nostru, funcționând ca un intermediar prin care trec toate mesajele. Responsabilitățile sale principale includ gestionarea conexiunilor de la clienți, procesarea și redirecționarea mesajelor (cum ar fi CONNECT, PUBLISH, SUBSCRIBE) și asigurarea securității prin mecanisme de autentificare și criptare.

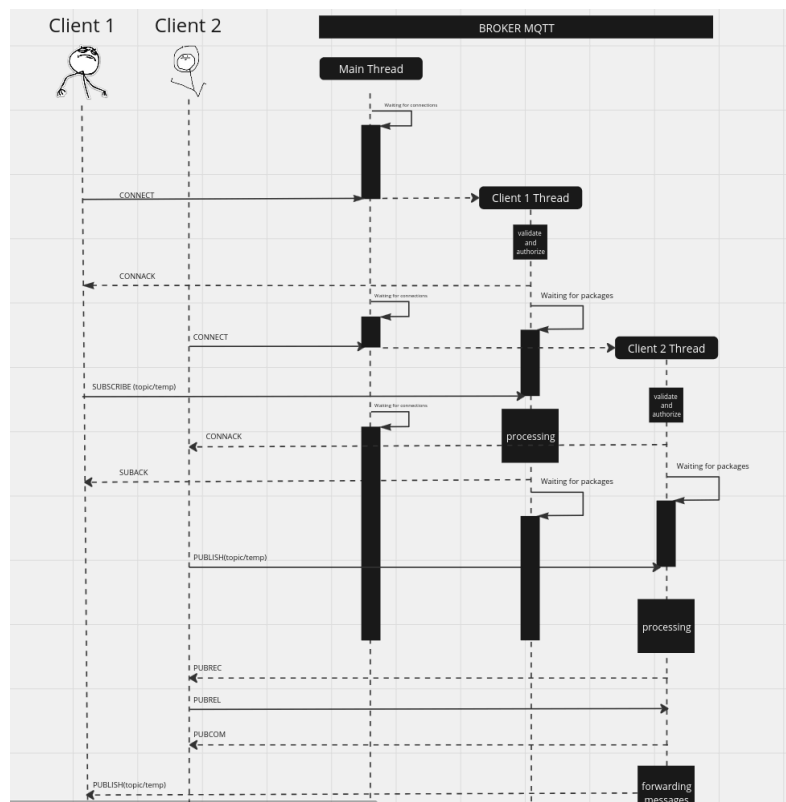
3.3 Clienți MQTT

Clienții MQTT din sistemul nostru sunt responsabili pentru publicarea mesajelor și/sau abonarea la topicuri specifice. Comunicarea cu broker-ul se realizează prin un protocol standardizat, care include stabilirea conexiunii, trimiterea și primirea mesajelor. Fiecare client are capacitatea de a alege nivelul de calitate a serviciului (QoS) pentru a asigura livrarea mesajelor conform necesităților specifice.

3.4 Interfața Grafică Utilizator (GUI)

Interfața grafică a broker-ului MQTT oferă o modalitate vizuală și intuitivă de a gestiona comunicarea. Prin intermediul GUI, utilizatorii pot publica mesaje direct de pe broker, având o vedere generală asupra traficului de rețea și un control mai mare asupra procesului de comunicare. Această interfață facilitează utilizarea MQTT și pentru cei care nu sunt experți în tehnologie.

3.5 Diagrama Arhitecturii Sistemului



Capitolul 4: Implementarea MQTT

4.1 Implementarea Protocolului MQTT

Implementarea noastră a MQTT respectă standardele protocolului, asigurând eficiență și fiabilitate. Fiecare mesaj MQTT este structurat cu un header fix și unul variabil, urmat de un payload opțional. Header-ul fix indică tipul mesajului și nivelul de QoS, în timp ce header-ul variabil conține metadate specifice mesajului, cum ar fi identificatorii de sesiune sau topicuri. Implementăm un sistem riguros de codificare și decodificare a acestor pachete pentru a asigura integritatea comunicației.

4.2 Gestionarea Tipurilor de Mesaje

CONNECT și CONNACK: La inițierea unei conexiuni, clienții trimit un pachet CONNECT, care este procesat de broker pentru a stabili sesiunea. Broker-ul răspunde cu un pachet CONNACK, indicând statutul conexiunii.

PUBLISH și QoS: Implementăm diferite niveluri de QoS pentru PUBLISH, asigurându-ne că mesajele sunt livrate conform cerințelor de fiabilitate.

SUBSCRIBE/UNSUBSCRIBE și mesaje ACK: Clienții pot abona sau dezabona de la topicuri prin trimiterea mesajelor

SUBSCRIBE/UNSUBSCRIBE, iar broker-ul răspunde cu mesaje ACK corespunzătoare pentru a confirma acțiunea.

4.3 Interfața Grafică și Utilizarea Practică

Interfața grafică a broker-ului MQTT este proiectată pentru a oferi o experiență de utilizare simplificată. Utilizatorii pot publica mesaje direct din GUI, vizualiza activitatea rețelei și monitoriza starea conexiunilor.

Această interfață face MQTT accesibil chiar și pentru cei fără cunoștințe tehnice avansate.

Capitolul 5: Publisher și Subscriber în MQTT

5.1 Rolul și Funcția Publisher-ului

Publisher-ul în MQTT este entitatea care trimite (publică) mesaje la un broker. Fiecare mesaj publicat este asociat cu un anumit topic, care funcționează ca o adresă sau etichetă ce definește subiectul sau conținutul mesajului.

Publicarea Mesajelor: Publisher-ul generează și trimite mesaje către broker, specificând topicul asociat. Aceste mesaje pot fi date de la senzori, comenzi de control sau orice alte informații.

Niveluri de QoS: Publisher-ii pot alege nivelul de Quality of Service (QoS) pentru fiecare mesaj, determinând cum și când mesajul este livrat de broker către subscrieri.

Retenția Mesajelor: Publisher-ul poate seta mesaje pentru a fi reținute de broker, astfel încât să fie disponibile pentru subscrieri chiar și după publicare.

5.2 Rolul și Funcția Subscriber-ului

Subscriber-ul este partea care primește mesajele de la broker.

Subscriberii se "abonează" la unul sau mai multe topicuri, indicând broker-ului interesul lor de a primi mesaje asociate cu acele topicuri.

Abonarea la Topicuri: Subscriberii aleg topicurile de interes și informează broker-ul despre aceste preferințe. Broker-ul va redirectiona apoi orice mesaj publicat pe aceste topicuri către subscriberii relevanți.

Recepția Mesajelor: Odată ce un mesaj este trimis de un publisher, broker-ul îl distribuie tuturor subscriberilor abonați la topicul respectiv, în conformitate cu nivelul de QoS stabilit.

Dezabonarea: Subscriberii pot, de asemenea, să se dezaboneze de la topicuri, oprirea primirii de mesaje ulterioare pe acele topicuri.

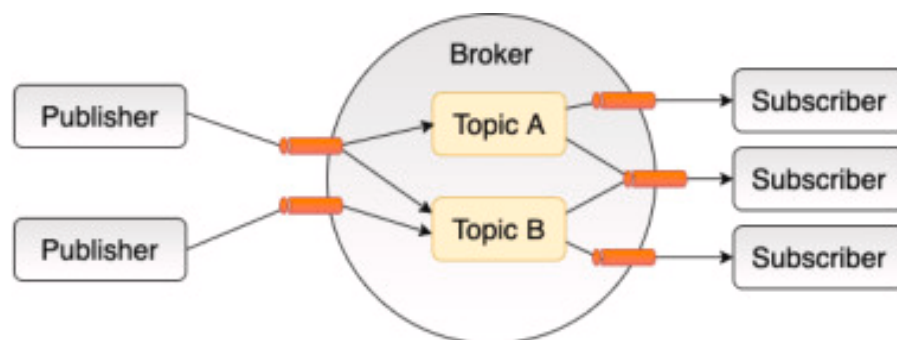
5.3 Interacțiunea Publisher-Subscriber

Relația dintre publisher și subscriber este una de tip publicare-abonare. Aceasta permite decuplarea surselor de date (publisher) de consumatorii de date (subscriber), ceea ce aduce mai multe avantaje:

Scalabilitate: Sistemul poate gestiona eficient un număr mare de publisheri și subscriberi.

Flexibilitate: Publisherii și subscriberii pot fi adăugați sau eliminați din sistem fără a perturba funcționarea întregului.

Eficiență: Mesajele sunt trimise numai acelor entități care au exprimat un interes explicit, reducând astfel traficul de rețea.



Capitolul 6: Topicurile în MQTT

6.1 Introducere la Topicuri

În MQTT, topicurile sunt esențiale pentru direcționarea mesajelor între publisheri și subscriberi. Acestea funcționează ca adrese unice, facilitând categorizarea și distribuția eficientă a mesajelor în rețea.

6.2 Structura Topicurilor

Topicurile în MQTT sunt organizate ierarhic, cu nivele separate de "/". De exemplu, "casa/living/temperatura" definește o structură în trei niveluri, unde "casa" este nivelul de bază. Această structură ierarhică permite o segmentare detaliată și flexibilă a spațiului de mesaje.

6.3 Abonarea și Publicarea

Subscriberii se abonează la topicuri pentru a primi mesaje relevante. Ei pot utiliza wildcard-uri pentru a se abona la mai multe topicuri simultan. Publisherii trimit mesaje pe topicuri specifice, iar aceste mesaje sunt distribuite automat subscriberilor abonați la acele topicuri.

6.4 Siguranța și Accesul la Topicuri

Brokerii MQTT pot impune restricții de acces la anumite topicuri, controlând cine poate publica sau abona. Aceasta asigură o gestionare sigură și controlată a fluxurilor de informații în rețea.

6.5 Topicuri cu Retenție

Un topic cu retenție păstrează ultimul mesaj publicat, care este apoi transmis imediat oricărui nou subscriber al acelui topic. Aceasta asigură că toți participanții sunt la curent cu cele mai recente informații, chiar dacă se abonează la un moment ulterior publicării inițiale.

Capitolul 7: Mecanisme MQTT

7.1 Keep Alive

Definiție: Mecanismul "Keep Alive" asigură că atât clientul, cât și brokerul sunt conștienți de starea activă a conexiunii dintre ei.

Funcționare: La conectare, clientul specifică un interval "Keep Alive" în secunde. Dacă în acest interval nu sunt trimise alte mesaje, clientul va trimite un pachet PINGREQ către broker pentru a confirma că încă este activ. Brokerul răspunde cu un PINGRESP.

Deconectare: Dacă brokerul nu primește niciun mesaj (inclusiv PINGREQ) în timpul intervalului "Keep Alive", va presupune că clientul este deconectat și va închide conexiunea, eliberând resursele asociate.

7.2 Last Will and Testament (LWT)

Definiție: LWT este un mesaj setat la conectare de client și publicat de broker în cazul unei deconectări neașteptate a clientului.

Configurare: La conectare, clientul poate specifica un mesaj LWT, un topic pentru acesta, un nivel QoS și un flag de retenție.

Funcționare: Dacă brokerul detectează deconectarea neașteptată a clientului, va publica mesajul LWT pe topicul specificat, respectând nivelul QoS și flag-ul de retenție.

Utilitate: LWT este crucial pentru a alerta alte dispozitive sau clienți în rețea despre pierderea unei conexiuni, permitând astfel reacții automate sau notificări.

7.3 Quality of Service (QoS)

Definiție: QoS determină modul în care mesajele sunt livrate între client și broker, asigurând diferite grade de asigurare pentru livrarea mesajului.

Nivele:

- QoS 0 (Cel mult o dată): Livrarea se face fără confirmare. Mesajul poate să nu ajungă sau poate fi livrat de mai multe ori în cazul retransmisiilor.
- QoS 1 (Cel puțin o dată): Asigură că mesajul ajunge la destinatar cel puțin o dată, dar poate fi duplicat.
- QoS 2 (Exact o dată): Implementează un schimb de mesaje în patru pași pentru a garanta livrarea unică a fiecărui mesaj.

Aplicații: Diferitele nivele de QoS permit adaptarea MQTT la o gamă largă de aplicații, de la utilizări de zi cu zi la sisteme industriale unde fiabilitatea este esențială.

Concluzie

Proiectul nostru demonstrează eficiența și adaptabilitatea protocolului MQTT în diverse aplicații, de la transmiterea simplă a datelor la sisteme complexe de monitorizare. Prin caracteristici precum topicuri structurate, mecanismul Keep Alive, LWT și nivelurile variate de QoS, am evidențiat capacitatea MQTT de a se adapta la diferite cerințe.

Această implementare subliniază importanța MQTT în lumea IoT în continuă expansiune și marchează un pas important în evoluția comunicațiilor digitale. Proiectul nostru nu doar că răspunde nevoilor actuale, dar și pregătește terenul pentru inovații viitoare în acest domeniu.

Referințe

OASIS Standard MQTT Version 5.0 <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0>
MQTT.org. "MQTT Essentials - A Lightweight IoT Protocol." - <https://mqtt.org/>
HiveMQ. "MQTT Essentials." <https://www.hivemq.com/blog/>
"The Mosquitto Project." Eclipse Mosquitto, <https://mosquitto.org/>