



INTERNET PAMETINI UREĐAJA

prof. dr Dejan S. Aleksić

Prirodno-matematički fakultet, Niš

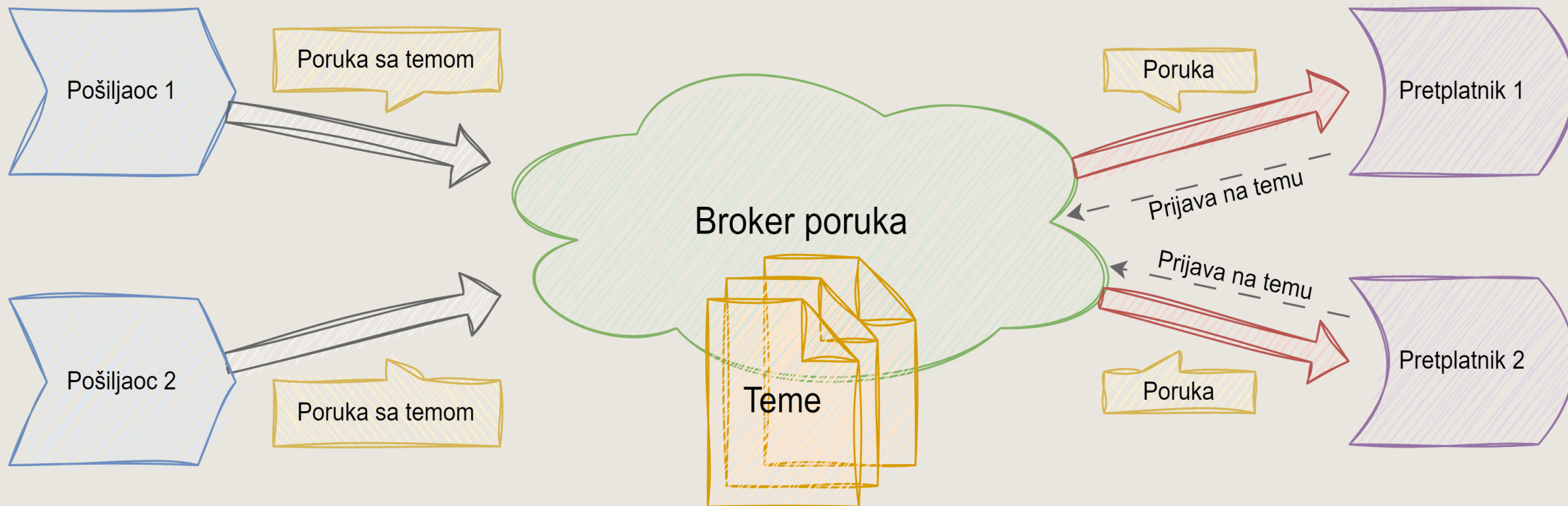
03. MQTT (MESSAGE QUEUING TELEMETRY TRANSPORT)

MQTT

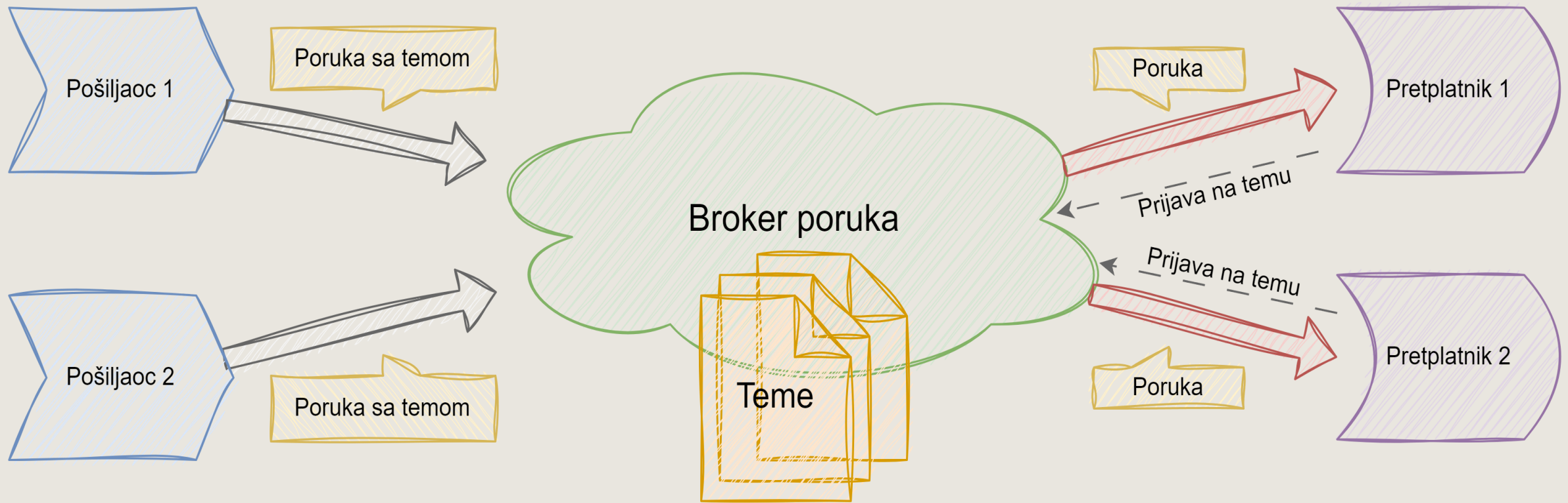
MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) je protokol za povezivanje po ISO standardu (ISO/IEC PRF 20922).

- ❑ MQTT je razvijen da se koristi u mrežama sa malim propusnim opsegom i velikim kašnjenjem u kasnim 1990-im, kao što je isporuka podataka preko satelitske veze.
- ❑ MQTT je danas jedan od najpopularnijih M2M komunikacionih protokola za Internet pametnih uređaja (IoT) gde kašnjenje i niska propusnost nisu problem.
- ❑ MQTT realizuje razmenu poruka po principu Publish/Subscribe čime se omogućava **asinhrona** razmena podataka od strane nezavisnih aplikacija. Ovaj princip razmene podataka omogućava laku **skalabilnost** IoT aplikacija.
- ❑ MQTT je protokol za razmenu poruka i poruke se prenose preko TCP/IP steka. Aplikacije koje šalju ili primaju poruke koriste određene TCP portove za prenos MQTT poruka.

OBJAVI/PRETPLATI RAZMENA PORUKA

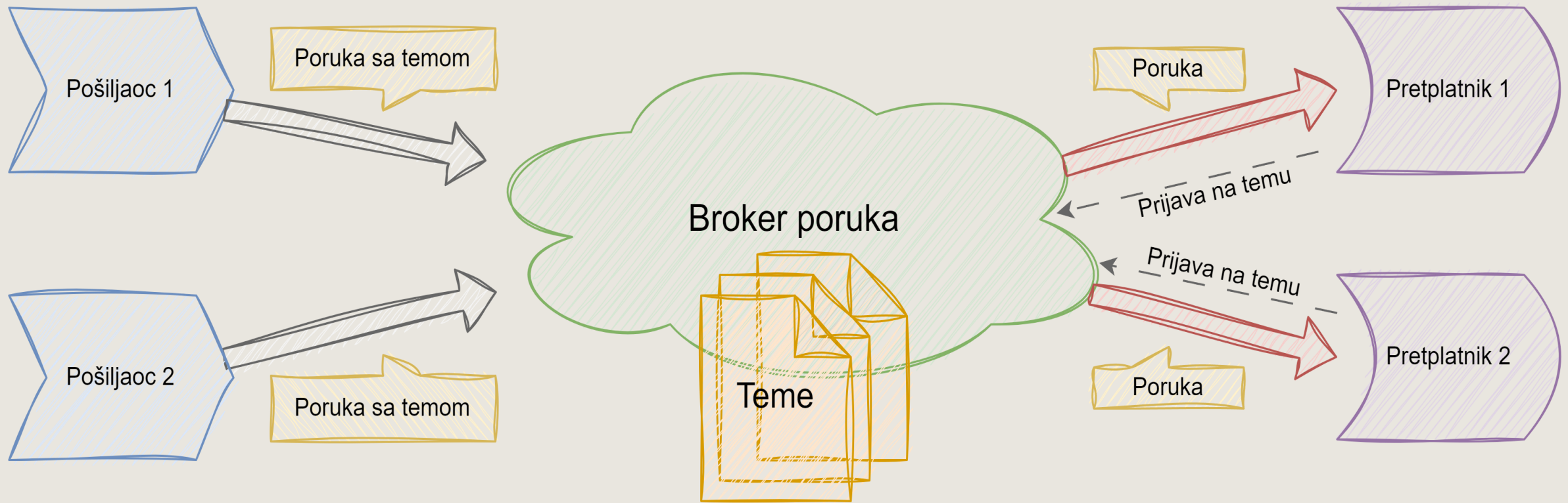


OBJAVI/PRETPLATI RAZMENA PORUKA



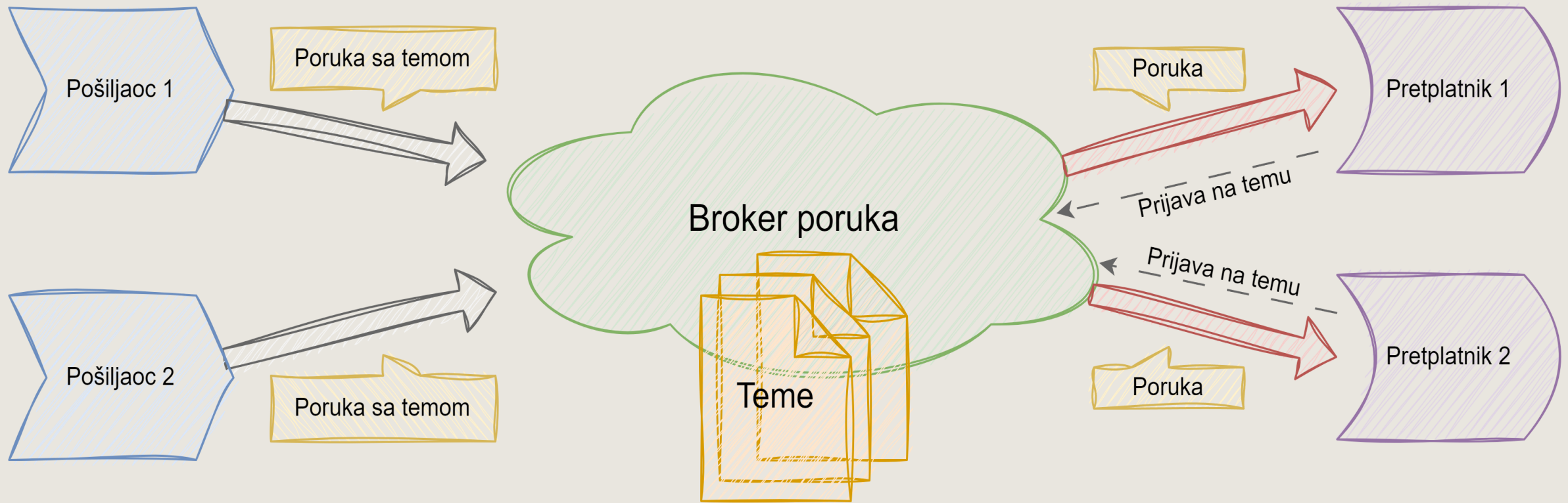
- ✓ Objavi/Pretplati (**Publish/Subscribe**) obrazac komunikacije je obrazac razmene poruka koji se koristi u distribuiranim sistemima kako bi omogućio razmenu poruka između komponenti ili sistema.

OBJAVI/PRETPLATI RAZMENA PORUKA



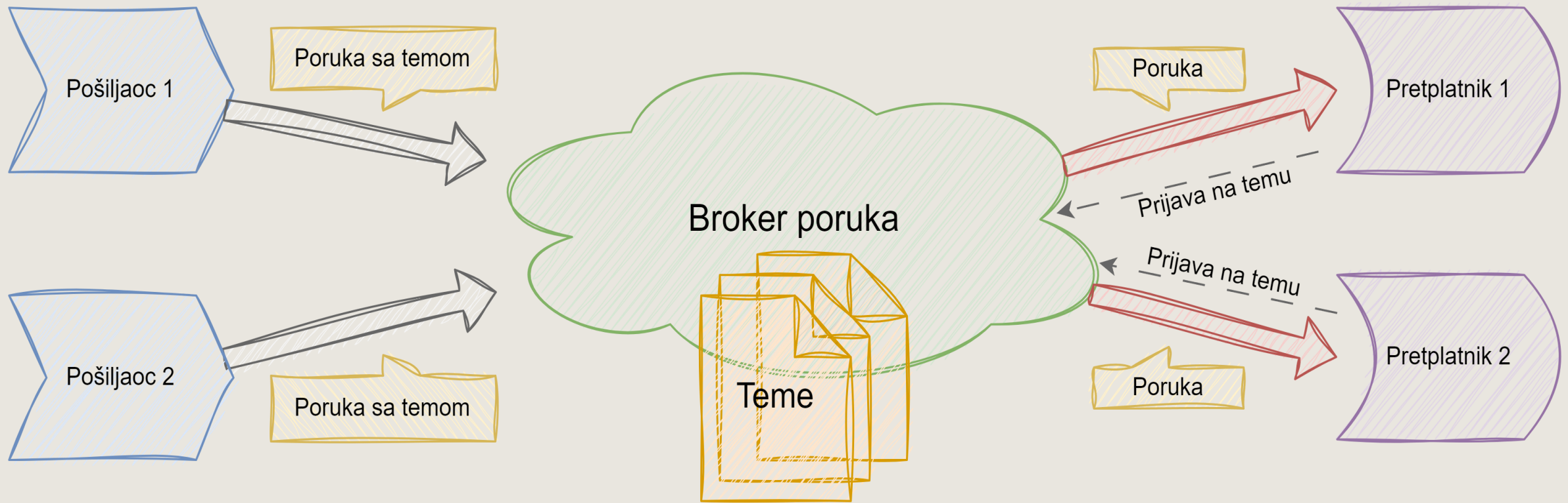
- ✓ U ovom obrascu, pošiljaoci poruka, takođe poznati kao izdavaoci (**publishers**), ne šalju poruke direktno određenim primaocima. Umesto toga, oni kategorizuju poruke u teme (**Topic**) i šalju ih brokeru poruka (**Message Broker**).

OBJAVI/PRETPLATI RAZMENA PORUKA



- ✓ Pretplatnici izražavaju interes za jednu ili više tema i primaju poruke koje su poslate tim temama.

OBJAVI/PRETPLATI RAZMENA PORUKA



- ✓ Ovo odvaja pošiljaoca (izdavaoca) od primaoca (pretplatnika), omogućavajući fleksibilniju i skalabilniju komunikaciju između komponenti.

TOK KOMUNIKACIJE U SISTEMU PUBLISH/SUBSCRIBE

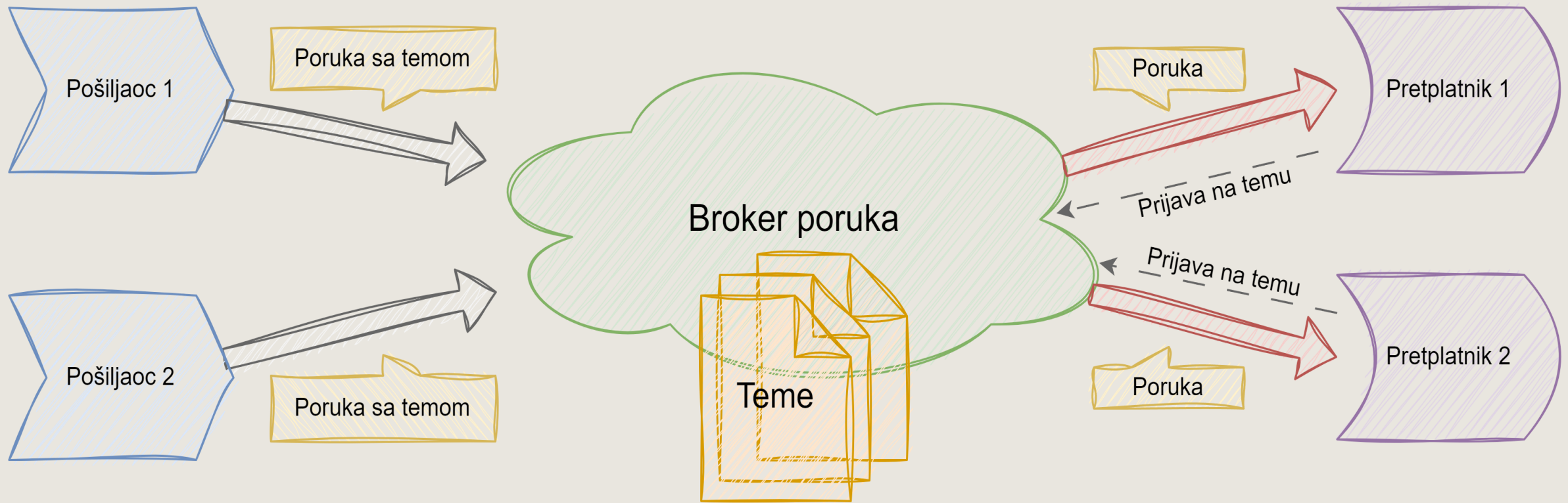
Izdavač (Publisher): Subjekat koji generiše i šalje poruke. Izdavaoci kategorizuju poruke u teme na osnovu njihovog sadržaja ili svrhe.

Pretplatnik (Subscriber): Subjekat koji izražava interes za primanje poruka na određene teme. Pretplatnici primaju poruke koje su relevantne temama na koje su se pretplatili.

Broker poruka/Kanal (Message Broker/Channel): Posrednik koji upravlja distribucijom poruka između izdavaoca i pretplatnika. Upravlja procedurom prosleđivanja tema na pretplatnike i obezbeđuje ispravnu dostavu poruka odgovarajućim primaocima.

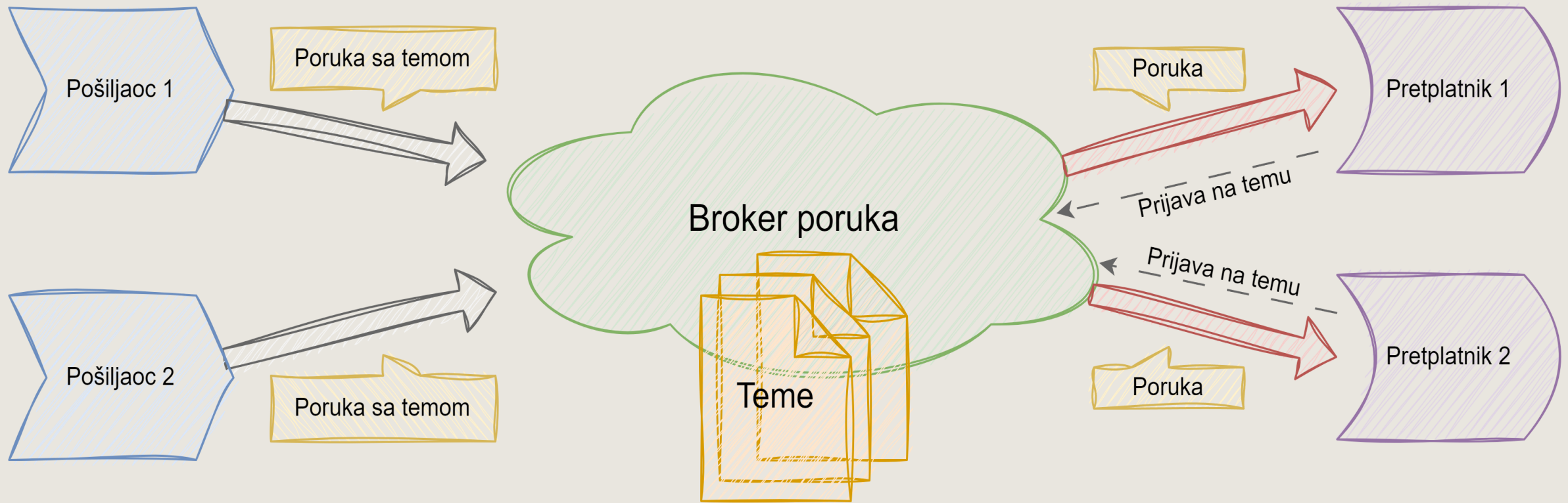
Tema (Topic): Logički kanal ili kategorija kojoj su poruke dodeljene. Izdavaoci objavljuju poruke na konkretnim temama, a pretplatnici izražavaju interes za primanje poruka sa određenih tema.

TOK KOMUNIKACIJE U SISTEMU PUBLISH/SUBSCRIBE



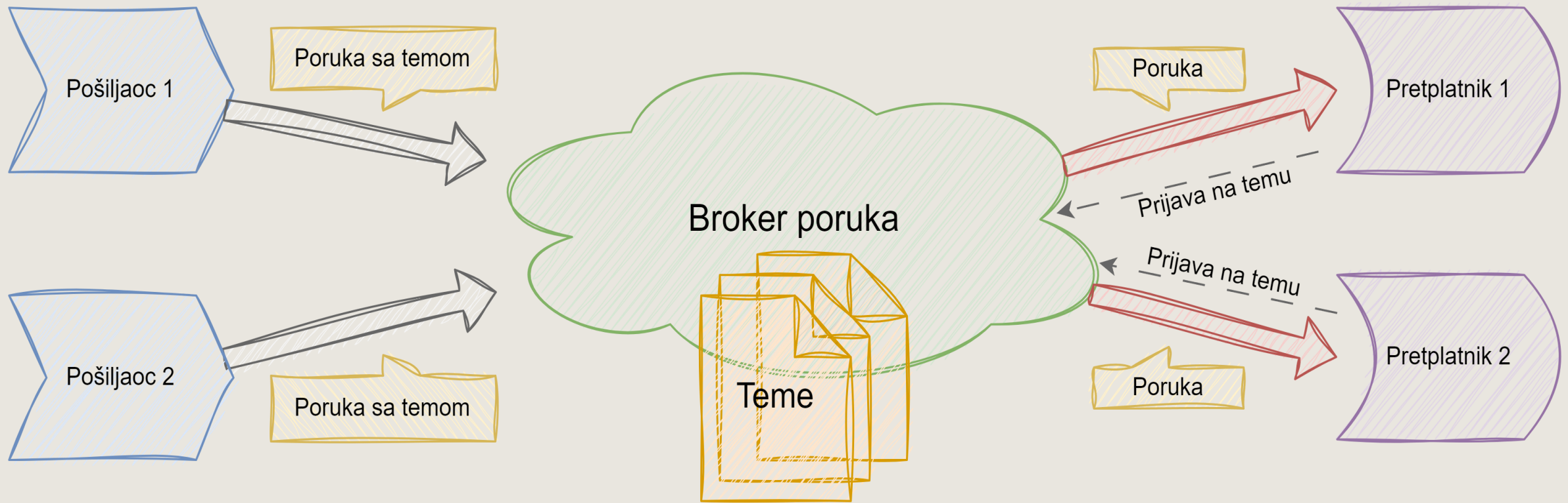
Izdavač (Publisher): Subjekat koji generiše i šalje poruke. Izdavaoci kategorizuju poruke u teme na osnovu njihovog sadržaja ili svrhe.

TOK KOMUNIKACIJE U SISTEMU PUBLISH/SUBSCRIBE



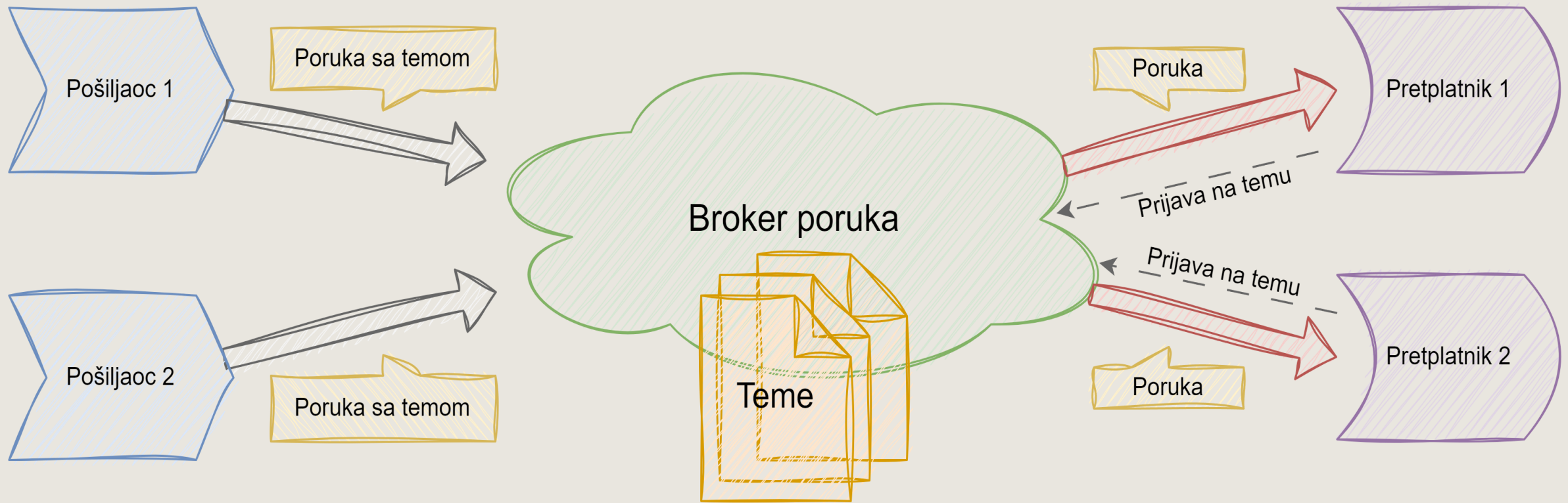
Pretplatnik (Subscriber): Subjekat koji izražava interes za primanje poruka na određene teme. Pretplatnici primaju poruke koje su relevantne temama na koje su se pretplatili.

TOK KOMUNIKACIJE U SISTEMU PUBLISH/SUBSCRIBE



Broker poruka/Kanal (Message Broker/Channel): Posrednik koji upravlja distribucijom poruka između izdavaoca i pretplatnika. Upravlja procedurom prosleđivanja tema na pretplatnike i obezbeđuje ispravnu dostavu poruka odgovarajućim primaocima.

TOK KOMUNIKACIJE U SISTEMU PUBLISH/SUBSCRIBE



Tema (Topic): Logički kanal ili kategorija kojoj su poruke dodeljene. Izdavaoci objavljuju poruke na konkretnim temama, a pretplatnici izražavaju interes za primanje poruka sa određenih tema.

TOK KOMUNIKACIJE

- 1. Izdavač objavljuje poruku:** Izdavač generiše poruku i povezuje je sa jednom ili više tema. Zatim, izdavač šalje poruku brokeru poruka.
- 2. Broker poruka prima i prosleđuje poruku:** Broker poruka prima poruku od izdavača i prosleđuje je svim pretplatnicima koji su izrazili interes za povezane teme.
- 3. Pretplatnici primaju relevantne poruke:** Pretplatnici primaju poruke koje su relevantne temama na koje su se pretplatili. Broker poruka obezbeđuje da svaki pretplatnik dobije poruke koje ga interesuju.
- 4. Razdvajanje komponenti:** Budući da izdavaoci i pretplatnici komuniciraju s brokerom poruka, a ne direktno jedni s drugima, sistem postaje više razdvojen. Ovo omogućava bolju skalabilnost i fleksibilnost, pošto se komponente mogu dodati ili ukloniti bez uticaja na druge.

TOK KOMUNIKACIJE

- ✓ Obrazac Publish/Subscribe široko se koristi u različitim distribuiranim sistemima, uključujući sisteme za razmenu poruka, arhitekture zasnovane na događajima i Internet stvari (IoT), gde postoji potreba za slabije povezanom komunikacijom između različitih komponenti.
- ✓ Popularni protokoli za razmenu poruka koji implementiraju Publish/Subscribe obrazac uključuju MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), Apache Kafka, AMQP (Advanced Message Queuing Protocol), Redis, NATS, Google Cloud Pub/Sub / AWS SNS.

TEME U MQTT PROTOKOLU

- U MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) protokolu, tema je niz karaktera koji se koristi za kategorizaciju ili označavanje poruke.
- Teme su ključni element Publish/Subscribe modela komunikacije u MQTT-u, omogućavajući izdavaocima da šalju poruke određenim temama, a pretplatnicima da izraze interes za primanje poruka sa određenih tema.

TEME U MQTT PROTOKOLU

Struktura:

Teme imaju hijerarhijsku strukturu, sličnu putanji do datoteke. Sastoje se od jednog ili više nivoa koji su odvojeni kosim crtama ("/").

Na primer,

`"home/living-room/temperature"`

je tema sa tri nivoa:

`"home"`

`"living-room"`

`"temperature"`

TEME U MQTT PROTOKOLU

Džoker znaci:

MQTT podržava dva tipa džokera u temama:

- Džoker za jedan nivo (`+`) predstavlja jedan nivo u hijerarhiji teme.

Na primer,

"home/+/temperature"

može odgovarati

"home/living-room/temperature" ili

"home/kitchen/temperature",

ali ne i

"home/living-room/bedroom/temperature".

TEME U MQTT PROTOKOLU

Džoker znaci:

MQTT podržava dva tipa džokera u temama:

- Džoker za jedan nivo (``+``) predstavlja jedan nivo u hijerarhiji teme.
- Džoker za više nivoa (``#``) predstavlja nula ili više nivoa u hijerarhiji teme.

Na primer,

`"home/#"`

može odgovarati

`"home/living-room/temperature",`

`"home/kitchen/light"`

i tako dalje.

TEME U MQTT PROTOKOLU

Objavlivanje:

Kada se poruka objavi na temu, šalje se svim pretplatnicima koji su izrazili interesovanje za tu temu.

Sama poruka može sadržati podatke tj. informacije relevantne za temu.

Pretplata:

Pretplatnici mogu izraziti interesovanje za određene teme koristeći džokere ili tačno određene nazive tema.

Pretplatnici primaju poruke koje odgovaraju temama na koje su se pretplatili.

TEME U MQTT PROTOKOLU - PRIMER

Recimo da imamo sistem za pametnu kuću gde uređaji objavljuju podatke o temperaturi različitih prostorija.

Senzor temperature u dnevnoj sobi može objaviti podatke na temu

`"home/living-room/temperature"`

Pretplatnik koji je zainteresovan za sve temperaturne podatke u kući može se pretplatiti na

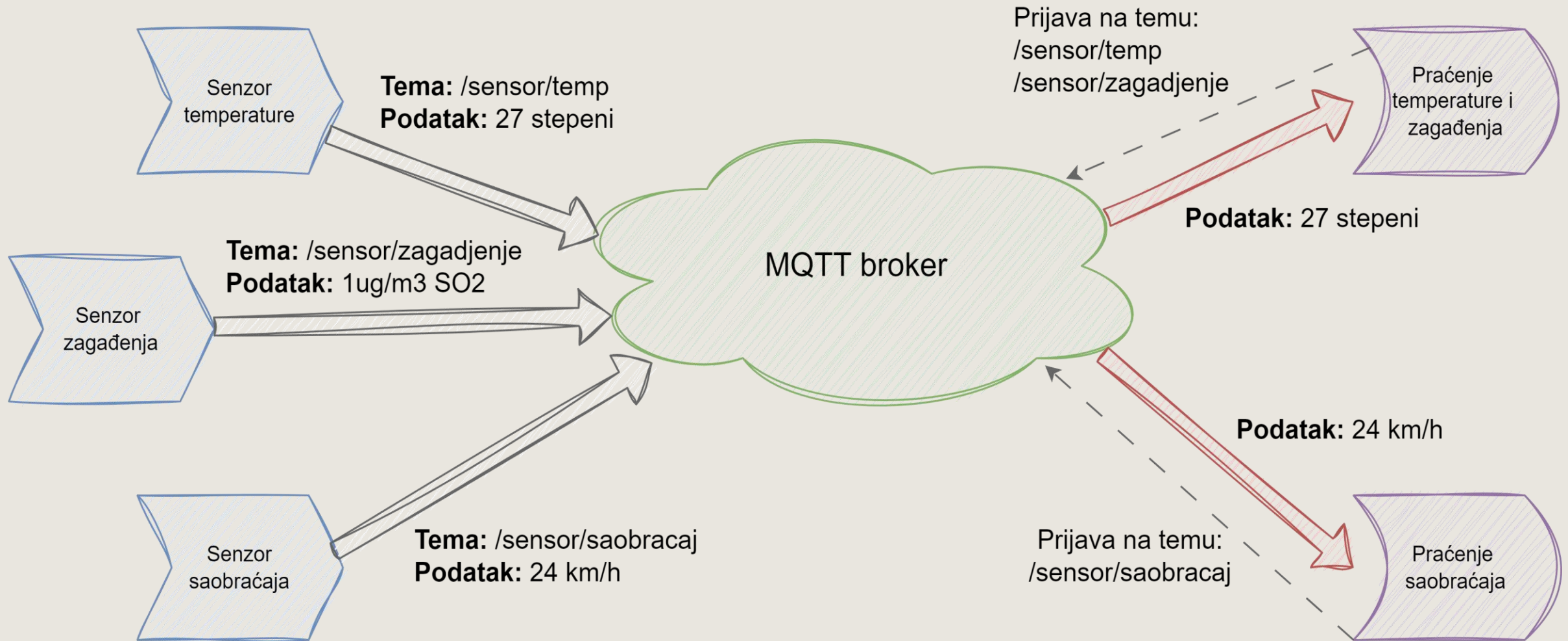
`"home/+/temperature"`

dok se pretplatnik koji je zainteresovan samo za temperaturu u dnevnoj sobi može pretplatiti na

`"home/living-room/temperature"`

U suštini, MQTT teme pružaju fleksibilan i skalabilan način organizovanja i filtriranja poruka u Publish/Subscribe arhitekturi, omogućavajući efikasnu komunikaciju u IoT i drugim distribuiranim sistemima.

TEME U MQTT PROTOKOLU - PRIMER



MQTT BROKER

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) **broker** je posrednik koji posreduje u komunikaciji između MQTT izdavaoca (publishers) i pretplatnika (subscribers) u distribuiranim sistemima.

Broker igra ključnu ulogu u organizaciji, upravljanju i distribuciji poruka koje se razmenjuju između različitih delova sistema.

FUNKCIJE MQTT BROKER-A

Prijem poruka:

Broker prihvata poruke koje izdavaoci objavljuju na određenim temama. Poruke koje stižu na brokeru često sadrže informacije, podatke ili događaje koje izdavaoci žele podeliti sa sistemom.

Prosleđivanje poruka:

Nakon što broker primi poruku, on je odgovoran za prosleđivanje te poruke do odgovarajućih pretplatnika. To znači da će poruka biti prosleđena samo onim pretplatnicima koji su izrazili interes za temu koja odgovara temi poruke.

Upravljanje temama:

Broker održava registar tema i prati koji pretplatnici su zainteresovani za određene teme. Kada stigne poruka na određenu temu, broker je odgovoran za identifikaciju i slanje te poruke samo onim pretplatnicima koji su izrazili interes za tu temu.

FUNKCIJE MQTT BROKER-A

Pretplata i odjava pretplatnika:

Pretplatnici se prijavljuju i odjavljuju kod brokera kako bi izrazili interesovanje za određene teme. Broker upravlja ovim procesom i održava listu aktivnih pretplatnika za svaku temu.

QoS (Quality of Service) upravljanje:

MQTT podržava različite nivoe kvaliteta usluge (QoS) koji definišu nivo pouzdanosti isporuke poruka. Broker pomaže u upravljanju QoS-om, osiguravajući ispravnu isporuku poruka u skladu sa postavljenim QoS nivoom.

MQTT I NIVOI KVALITETA USLUGE

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) podržava tri nivoa kvaliteta usluge (**QoS**) koji definišu nivo pouzdanosti isporuke poruka između MQTT izdavaoca (publishers) i pretplatnika (subscribers).

- QoS 0 (At most once)
- QoS 1 (At least once)
- QoS 2 (Exactly once)

Ovi nivoi QoS odnose se na to kako će MQTT broker isporučiti poruku i kako se obrada poruka vrši između izdavaoca i pretplatnika

PREGLED NIVOJA QOS U MQTT

QoS 0 (At most once)

Ovaj nivo QoS podrazumeva najmanji stepen pouzdanosti.

Kada izdavaoc pošalje poruku sa QoS 0, ona se jednostavno emituje u mrežu bez potvrde o isporuci.

Broker je odgovoran samo za prosleđivanje poruke pretplatnicima onako kako poruka stiže do njega.

Nema nikakvog mehanizma za potvrdu i ponovno slanje poruka.

PREGLED NIVOJA QOS U MQTT

QoS 1 (At least once)

Ovaj nivo QoS obezbeđuje veći stepen pouzdanosti.

Kada izdavaoc pošalje poruku sa **QoS 1**, broker je odgovoran za prosleđivanje poruke pretplatnicima i traženje potvrde o isporuci od svakog pretplatnika.

Ako broker ne dobije potvrdu, on ponovo šalje poruku. Ovo **garantuje** da će poruka biti **isporučena najmanje jednom**, ali može doći **do duplikata**.

QoS 2 (Exactly once)

Ovaj nivo QoS pruža najviši stepen pouzdanosti.

Kada izdavaoc pošalje poruku sa **QoS 2**, broker uspostavlja dvosmernu komunikaciju sa svakim pretplatnikom kako bi potvrdio isporuku poruke.

Ovaj nivo QoS garantuje da će poruka biti **tačno jednom** isporučena svakom pretplatniku i eliminira rizik od duplikata, ali uz veći trošak u smislu komunikacije i obrade.

PREGLED NIVOA QOS U MQTT

Pri odabiru odgovarajućeg nivoa QoS, trebalo bi razmotriti potrebe aplikacije i prioritete u vezi sa tačnošću i pouzdanošću isporuke poruka.

Nivo QoS se postavlja pri svakom slanju poruke i može se individualno primenjivati **za svaku poruku** u MQTT komunikaciji, omogućavajući prilagođavanje nivoa pouzdanosti u zavisnosti od konkretnih zahteva aplikacije.

POPULARNI MQTT BROKERI

- **Mosquitto:** Otvorenog koda, lagan i jednostavan za korišćenje.
- **Eclipse Mosquitto:** Još jedan popularan MQTT broker otvorenog koda.
- **HiveMQ:** Komercijalni MQTT broker sa naglaskom na skalabilnosti i pouzdanosti.

MQTT brokeri su ključni za implementaciju Publish/Subscribe modela u IoT primenama, senzorskim mrežama i drugim distribuiranim sistemima gde je efikasna i skalabilna komunikacija ključna.

MQTT I TCP/IP PORTOVI

- Podrazumevani port za MQTT preko TCP/IP-a je 1883.
- Ovo je standardni broj porta koji se koristi za nekriptovanu komunikaciju MQTT-a.
- Međutim, važno je napomenuti da MQTT ne pruža sigurnosne funkcije, a komunikacija preko porta 1883 nije kriptovana.
- Ako je potrebna sigurna komunikaciona veza, treba koristiti MQTT preko TLS/SSL-a.
- Podrazumevani port za sigurnu MQTT komunikaciju je 8883.
- Ova kriptovana komunikacija se često naziva MQTT preko SSL-a ili MQTT preko TLS-a.

MQTT I TCP/IP PORTOVI

- MQTT preko TCP/IP-a (nekriptovano): Port 1883
- MQTT preko TLS/SSL-a (kriptovano): Port 8883

Prilikom implementacije MQTT-a u stvarnom okruženju, posebno u proizvodnim ili osetljivim okruženjima, bezuslovono se preporučuje korišćenje sigurne komunikacije (MQTT preko TLS/SSL-a) kako biste obezbedili poverljivost i integritet razmenjenih podataka.

MQTT-SN (MQTT FOR SENSOR NETWORKS)

- ❑ Rešenje za ekstremno ograničene resurse/uređaje.
- **Problem:** Standardni MQTT zahteva TCP/IP stog, koji je pretežak za najjednostavnije mikrokontrolere i troši previše energije/podataka.
- **Rešenje:** MQTT-SN je prilagođena verzija koja radi preko ne-TCP transporta (npr. UDP, Zigbee, Bluetooth, serijska veza).
- **Ključne optimizacije:**
 - **Topic ID mapiranje:** Umesto slanja dugih stringova (npr. "kuca/kuhinja/temperatura"), koristi se kratki ID (npr. 0x1A), čime se drastično smanjuje veličina paketa.
 - **Podrška za "Sleeping Clients":** Gateway čuva poruke dok uređaj spava (radi štednje baterije) i isporučuje ih kad se uređaj probudi.
 - **Gateway Arhitektura:** Uređaji ne komuniciraju direktno sa Brokerom, već sa MQTT-SN Gateway-om koji prevodi poruke u standardni MQTT.

ULOGA MQTT-SN GATEWAY-A



- Prevodilac protokola (Translator):
 - Gateway konvertuje pakete sa lakog transporta (npr. UDP) u standardni TCP/IP koji Broker razume.
 - Za Brokera, Gateway deluje kao standardni MQTT klijent; za senzore, on je Broker.
- Upravljanje "Mapiranjem Tema" (Topic ID Mapping):
 - Senzor šalje samo ID broj (npr. ID: 55).
 - Gateway zna da ID: 55 zapravo znači fabrika/halat/senzor1/temperatura i prosleđuje taj pun naziv Brokeru.
- Baferovanje za "Uspavane" uređaje:
 - Ako senzor spava radi uštede baterije, Gateway čuva sve poruke koje su stigle za njega i isporučuje ih tek kada se senzor javi (Ping).

MQTT-SN (MQTT FOR SENSOR NETWORKS)

❑ Kada koristiti MQTT-SN umesto klasičnog MQTT-a?

- LoRaWAN mreže
- 6LoWPAN / Thread mreže
- Zigbee + IP gateway
- Bilo koja mreža gde nema punog TCP/IP steka

❑ Zaključak:

- „Ako radite sa LoRaWAN-om ili 6LoWPAN-om → koristite MQTT-SN.
- Za sve ostalo (Wi-Fi, Ethernet, NB-IoT, LTE-M) → običan MQTT je bolji izbor.“