Laurea in Informatica

Il paradigma Publish/Subscribe

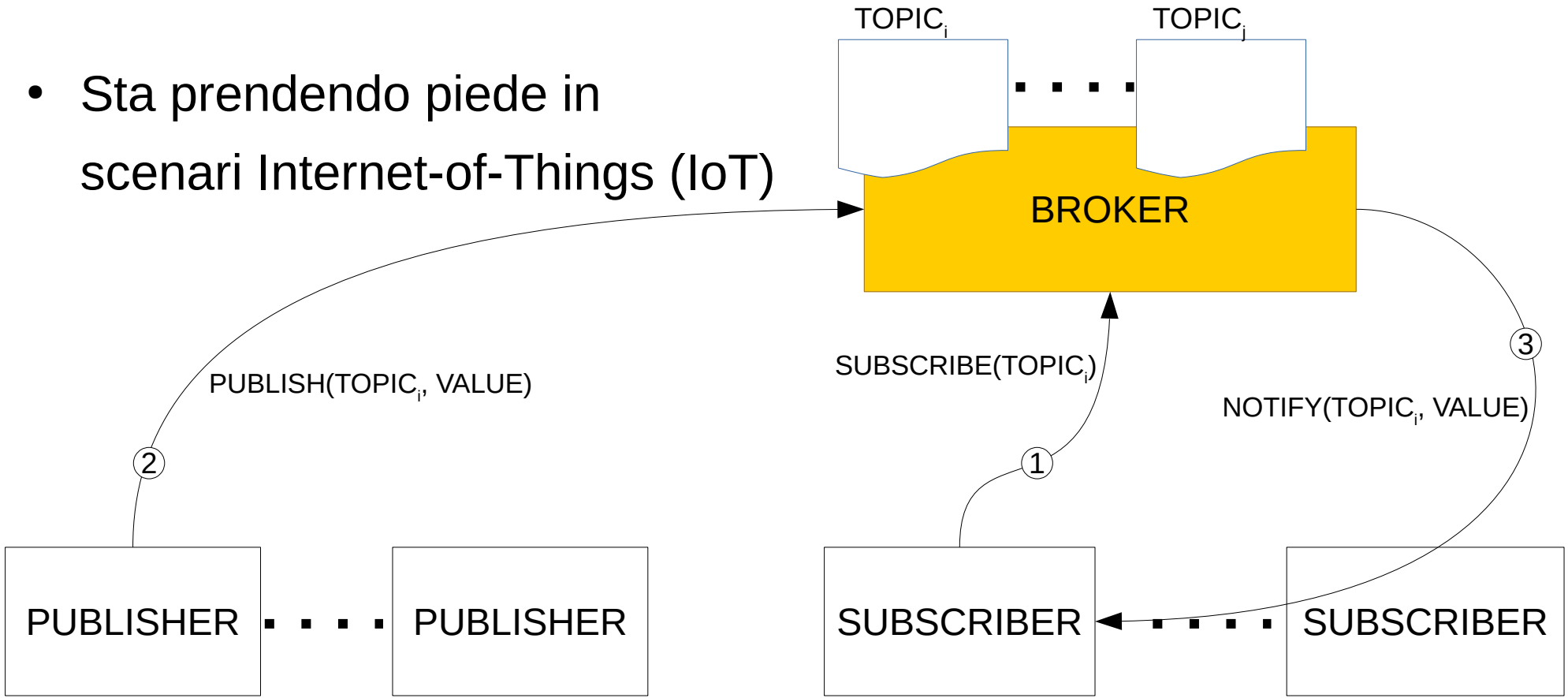
Prof. Davide Quaglia

UNIVERSITÀ di VERONA
Dipartimento di INFORMATICA

NeST
Networked Systems and Technologies

Modello Publisher/Subscriber (Pub/Sub)

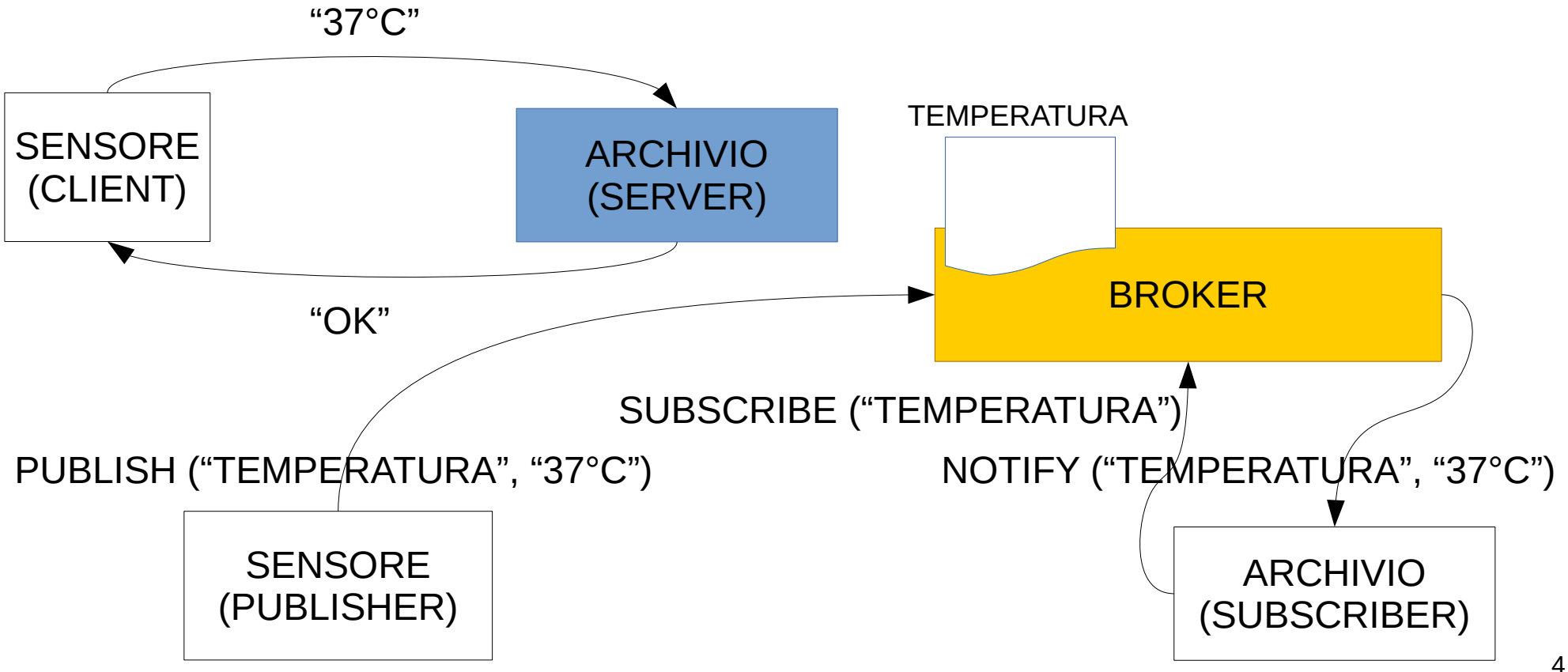
- Sta prendendo piede in scenari Internet-of-Things (IoT)



Confronto Client/Server ↔ Pub/Sub

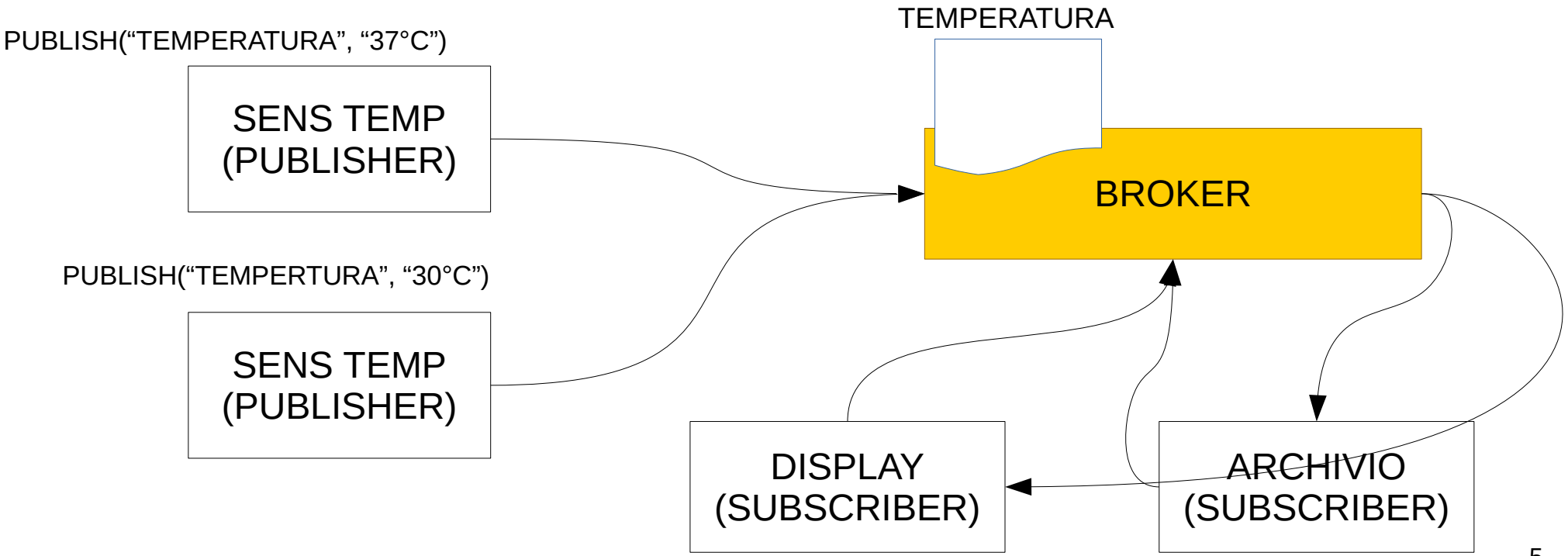
- L'host su cui gira un programma server deve avere requisiti particolari
  - Sempre acceso
  - Sempre raggiungibile su Internet
    - Quindi dotato di un indirizzo IP pubblico senza NAT e Firewall troppo stretti
  - Capace di rispondere ad un numero anche molto grande di client
- In un'applicazione pub/sub è il broker ad assumere le prerogative tipiche del server mentre i publisher e i subscriber sono come dei client
- Un'applicazione client/server si può trasformare sempre in un'applicazione pub/sub dove i client e server originari diventano più leggeri e la complessità viene scaricata sull'host che fa da broker

Esempio di trasformazione Client/Server → Pub/Sub



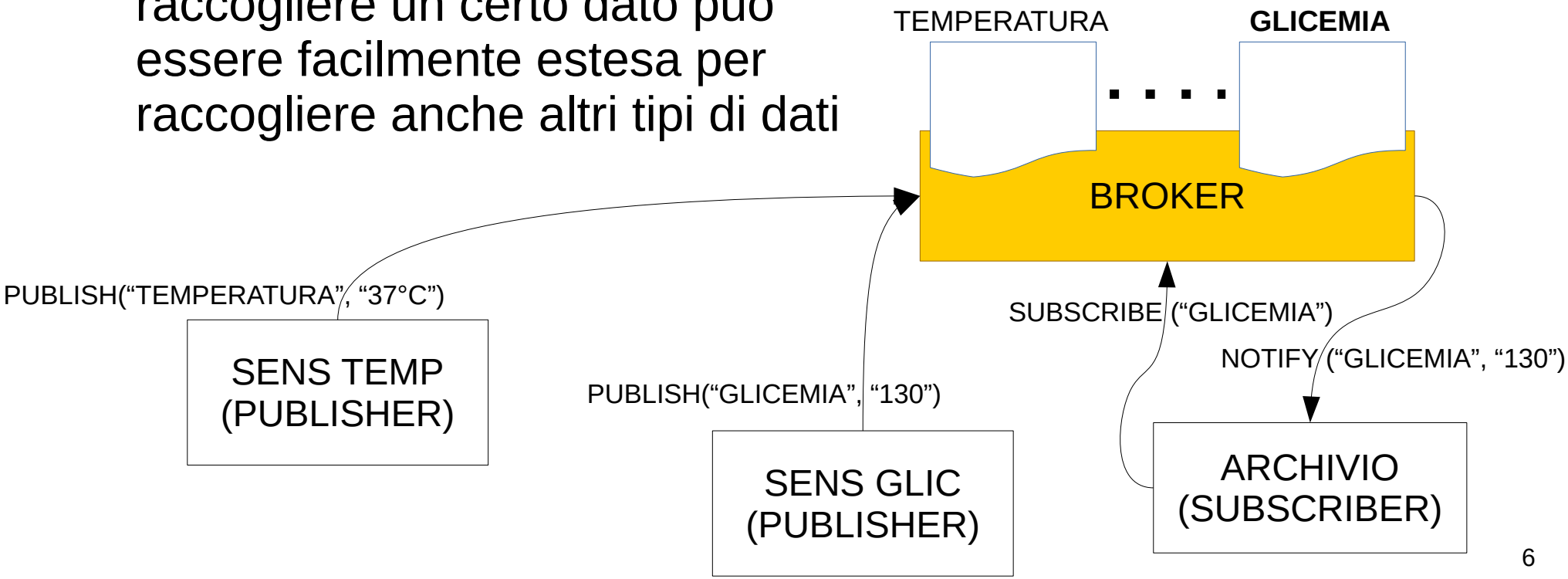
Vantaggi dell'architettura Pub/Sub

- Architettura molti-a-molti



Vantaggi dell'architettura Pub/Sub

- Un'architettura costruita per raccogliere un certo dato può essere facilmente estesa per raccogliere anche altri tipi di dati



Confronto tra Pub/Sub e Client/Server

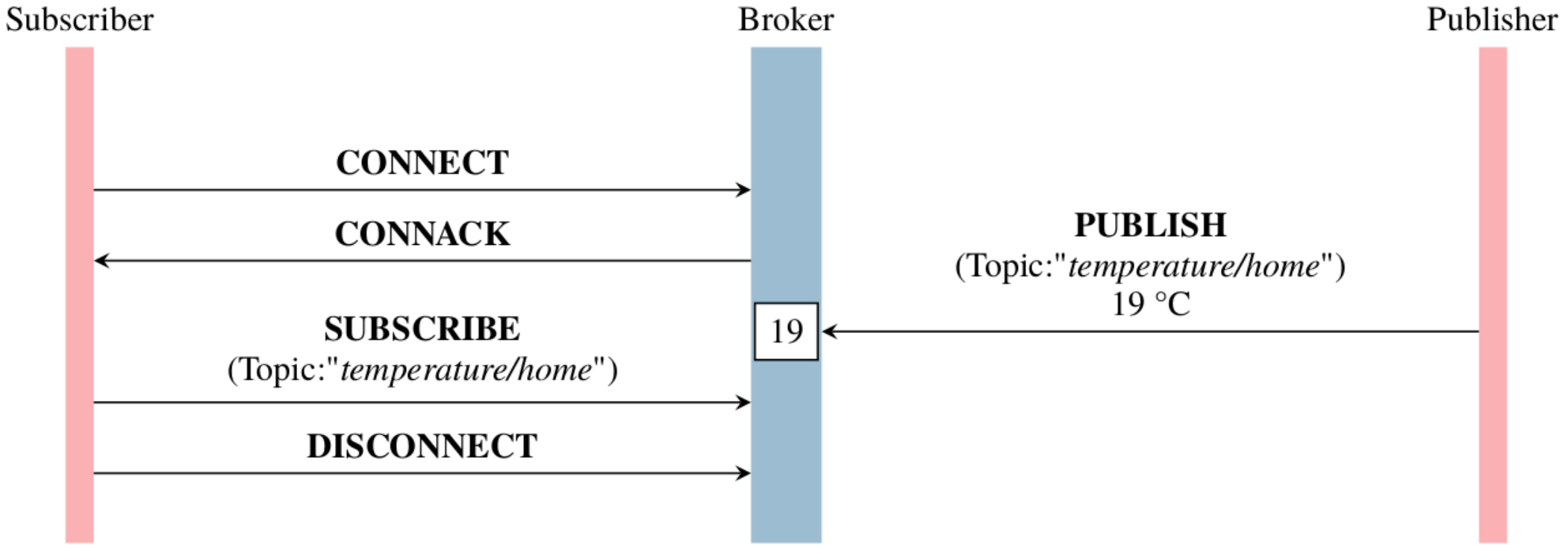
- Pub/Sub è “data centric” mentre C/S è “host centric”
  - In Pub/Sub ciò che viene evidenziato è chi sono i produttori e consumatori di un certo tipo di informazione
  - Produttori e consumatori non interagiscono direttamente
- Un’applicazione basata su Pub/Sub è più facilmente estendibile nel
  - variare il numero di produttori e consumatori di informazione
  - aggiungere tipi diversi di informazione trattati
- Pub/Sub è più leggero a livello di byte trasmessi del più usato approccio C/S che è l’HTTP.

Esempi di protocolli/ambienti per applicazioni Pub/Sub

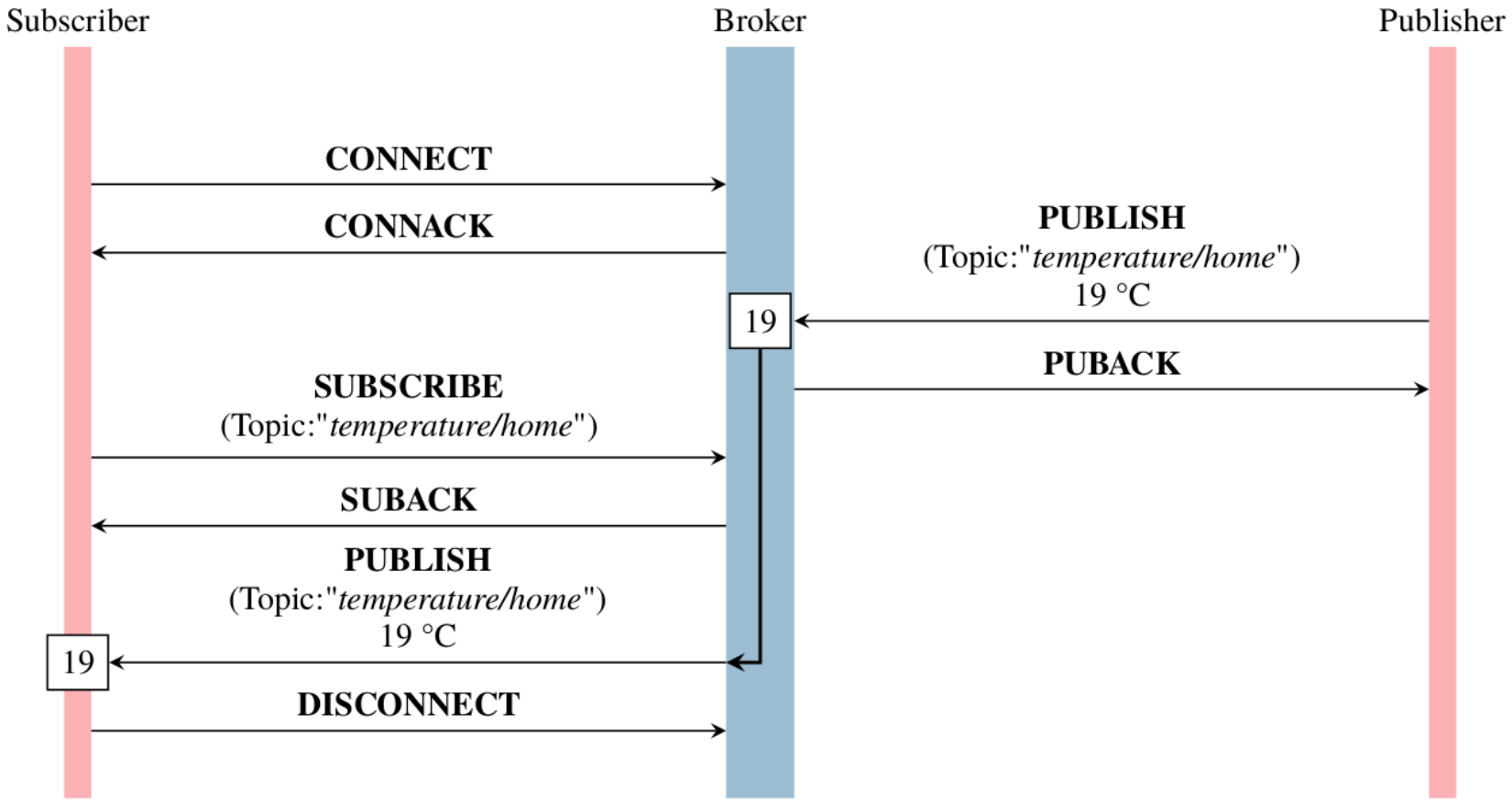
- Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)
  - https://mqtt.org/
  - Implementazioni
    - Mosquitto (C/C++)
    - Paho (Python)
- Advanced Message Queuing Protocol (AMQP)
  - RabbitMQ
    - Presenza di code in uscita verso i subscriber per **ricezione retroattiva** e gestione della **priorità**
- Apache Kafka
  - Piattaforma distribuita di gestione di **stream di eventi**
  - https://kafka.apache.org/

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

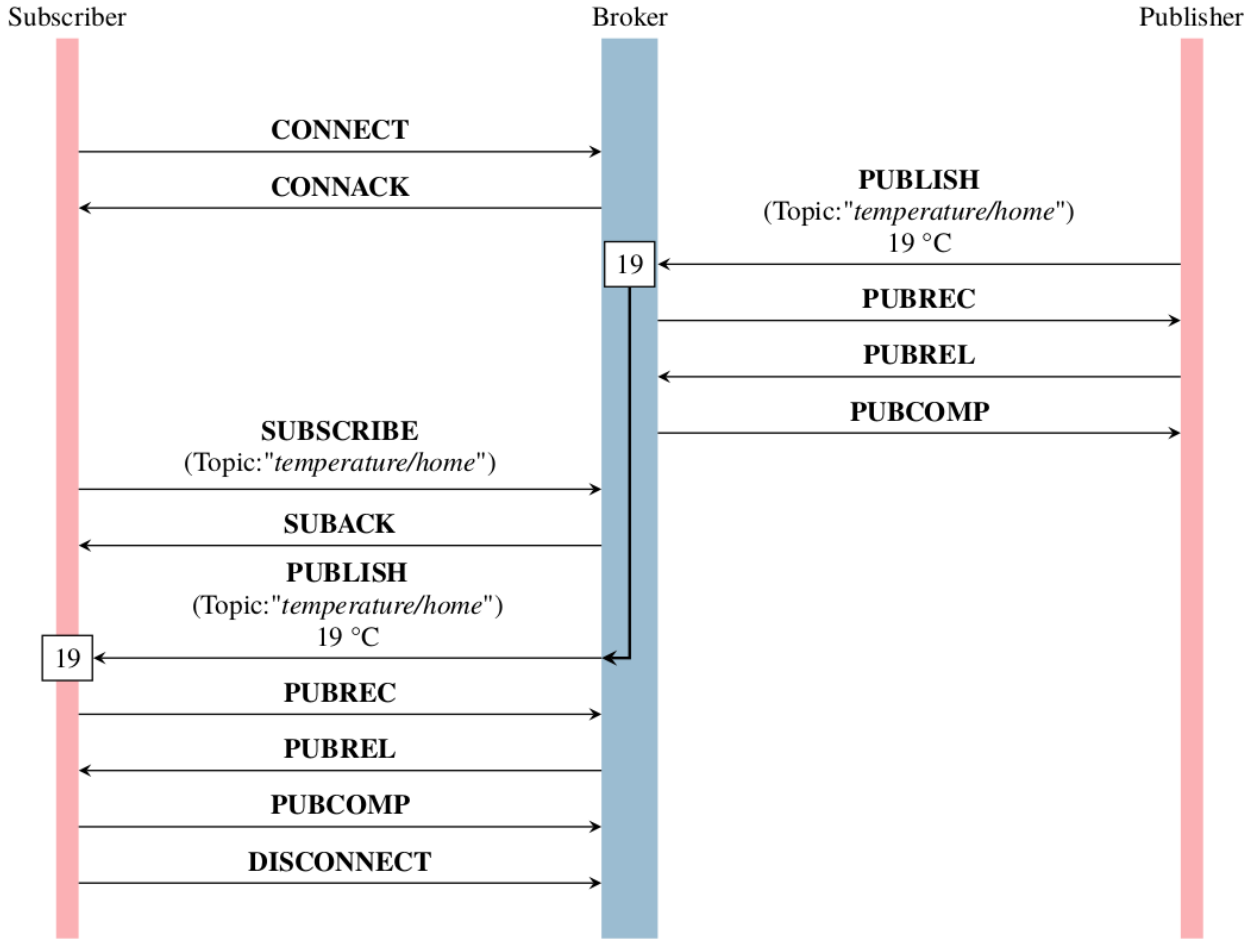
MQTT: QoS Livello 0 (at most one)



MQTT: QoS Livello 1 (at least one)



MQTT: QoS Livello 2 (exactly one)



MQTT: Struttura del topic

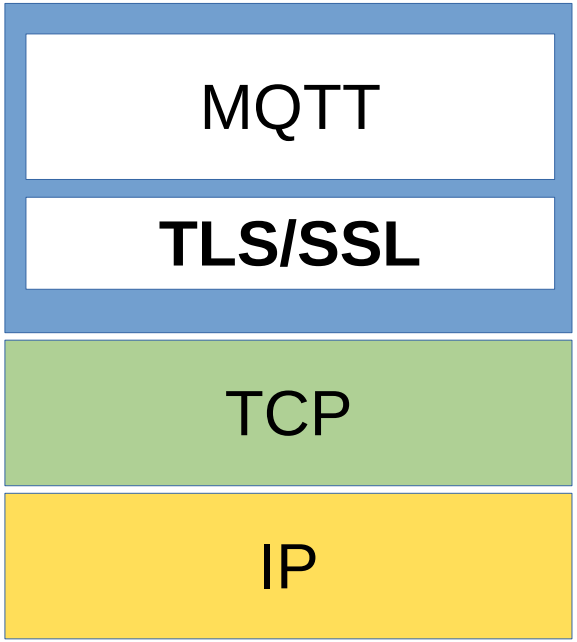
- Servono ad etichettare i dati per indicarne la tipologia
- Stringhe di testo (si sconsiglia l'uso di spazi, meglio "-" o "_")
- Possibilità di utilizzare il carattere "/" per creare gerarchie di argomenti
  - casa/sensori/temperatura/cucina
  - casa/sensori/temperatura/soggiorno
- Ciò che è compreso tra "/" si chiama "livello"
  - Mai iniziare o terminare con "/"
- Possibilità per i subscriber di usare i caratteri "#" e "+" come sostituti di parti di topic (wildcards)

Wildcards

- Uso di “#”
  - Permette di sottoscriversi a tutti i topic che si ottengono sostituendo # con una sequenza di livelli DI SUFFISSO reali
  - Es:
    - Invece di sottoscriversi al topic level1/level2/level3 e level1/level2/level3bis basta sottoscriversi a level1/level2/#
- Uso di “+”
  - Permette di sottoscriversi a tutti i topic che si ottengono sostituendo + con una sequenza di livelli DI PREFISSO reali
  - Es:
    - Invece di sottoscriversi al topic level1/level2/level3 e level1bis/level2/level3 basta sottoscriversi a +/level2/level3

Broker

- E’ l’unico attore della famiglia MQTT che implementa connessioni TCP lato server
  - Porta 1883 per trasmissioni in chiaro
  - Porta 8883 per trasmissioni TCP con sopra TLS/SSL (serve impostare certificato e chiave privata)
- Broker, publisher e subscriber possono stare su sistemi hardware di tipo diverso (Intel, ARM, RISC-V), sistemi operativi diversi ed essere scritti con linguaggi di programmazione diversi
  - È il protocollo MQTT che mette tutti d’accordo



ATTENZIONE

- La presenza del broker sulle proprie macchine è un rischio per la sicurezza!
  - Per questo motivo per gli scopi del corso viene messo a disposizione un broker in cloud
  - Sulle macchine del laboratorio avete già tutto quello che serve
  - Sulla propria macchina in Linux potete installare SOLO publisher e subscriber attraverso i seguenti comandi da terminale
    - sudo apt update
    - sudo apt install mosquitto-clients
- **Sia in Windows che in MacOS il processo BROKER viene installato insieme a publisher e subscriber (vedi documento di istruzioni contenuto nello ZIP) e attivato automaticamente all'avvio del sistema**
  - **Per ragioni di sicurezza è bene che il BROKER non resti attivo inutilmente per lunghi periodi di tempo**
    - **Sul documento di istruzioni è descritto come disattivarlo ogni volta**
    - **Quando non si usa Mosquitto per lungo tempo è meglio disinstallarlo**

Esempio di applicazione Pub/Sub

- Si assume di essere in rete (o in laboratorio o sul proprio PC anche a casa) per poter accedere ad un broker attivo all'indirizzo IP 90.147.167.187
- Estrarre il file "ISRG_Root_X1.pem" dallo ZIP e metterlo nella cartella di lavoro
- Aprire due finestre di terminale e posizionarsi nella propria cartella di lavoro dove c'è il file "ISRG_Root_X1.pem" appena estratto
- Per sottoscriversi ad un topic
  - mosquitto_sub -t temperatura -h 90.147.167.187 -p 8883 -u univr-studenti -P MQTT-esercitazione2024 --cafile ISRG_Root_X1.pem --insecure -d
- Per pubblicare su di un topic
  - mosquitto_pub -t temperatura -m "25" -h 90.147.167.187 -p 8883 -u univr-studenti -P MQTT-esercitazione2024 --cafile ISRG_Root_X1.pem --insecure -d
- ATTENZIONE che in Windows i nomi dei file eseguibili del subscriber e del publisher terminano con ".exe"

Descrizione dei parametri sulla linea di comando

-h → host a cui connettersi

-p (da notare che è minuscola) → porta

-d → abilita la modalità debug (può essere utile per vedere tutto quello che fa il client e quindi anche la sua attività di rete)

-t → nome del topic

-m “messaggio” → messaggio da pubblicare per quel topic

-u → username

-P (da notare che è maiuscola) → password

--cafile → certificato pubblico per verifica del server nella connessione TLS

--insecure → da usare se in -h si mette l'indirizzo IP e non il dominio

Esercizi su pub/sub

- Partendo dall'esercizio mostrato nelle istruzioni, cosa succede se pubblico una temperatura prima di aver lanciato il subscriber?
  - Provare con l'opzione --retain
- Partendo dall'esercizio mostrato nelle istruzioni creare un'applicazione pub/sub con 2 sensori di temperatura relativi a 2 stanze diverse. Quante finestre di terminale devo aprire?
- Partendo dall'esercizio precedente come fare per avere un unico subscriber per entrambe le temperature? Come si fa a distinguere da quale stanza proviene la temperatura?
- Prova a pubblicare un valore di umidità relativa (topic "UR"); il subscriber interessato alle temperature lo riceve? Come si fa a creare un subscriber interessato all'umidità? Costruire un'applicazione pub/sub con 4 finestre per produrre e visualizzare sia valori di temperatura sia valori di umidità.
- Aprire e studiare con Wireshark il file PCAP contenuto nello ZIP
  - Quale protocollo di livello trasporto utilizza MQTT? Quali sono le porte?
  - Trovare le fasi di publish e subscribe. Quante connessioni TCP apre un subscriber? Quante connessioni TCP apre un publisher?

Esercizi su pub/sub

- Si vuole costruire con MQTT un servizio di messaggistica universitaria
  - Il rettore può leggere tutti i messaggi
  - La segreteria può leggere i messaggi dai docenti e dagli studenti
  - I docenti possono leggere i messaggi dai docenti e dagli studenti
  - Gli studenti possono leggere solo i messaggi degli altri studenti

ATTENZIONE

- Il processo BROKER deve essere attivo durante gli esercizi con applicazioni pub/sub
- Sia in Windows che in Linux il processo BROKER viene attivato automaticamente all'avvio del sistema
- Per ragioni di sicurezza è bene che il BROKER non resti attivo inutilmente per lunghi periodi di tempo
  - Sul documento di istruzioni è descritto come disattivarlo ogni volta
  - Quando non si usa Mosquitto per lungo tempo è meglio disinstallarlo