Comunicazione in distribuito

SCD

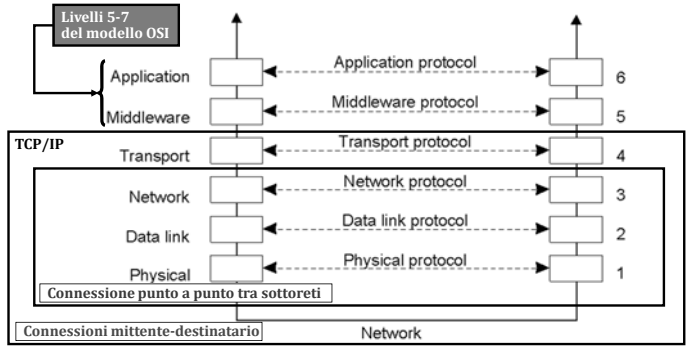
Anno accademico 2018/19
Sistemi Concorrenti e Distribuiti

Tullio Vardanega, tullio.vardanega@math.unipd.it

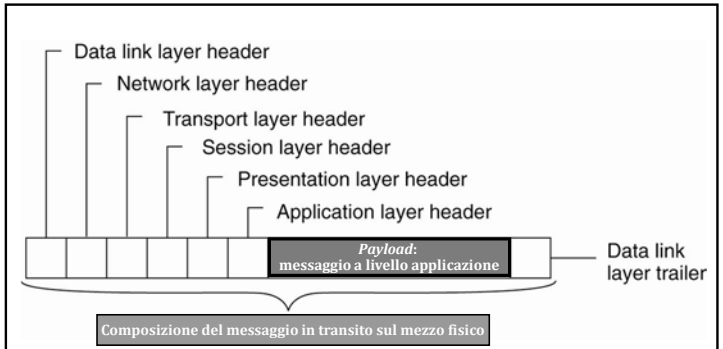
Evoluzione di modelli

- ***Remote Procedure Call*** **(RPC)**
  - Trasparente rispetto allo scambio messaggi che realizza l'interazione cliente-servente a livello applicazione
- ***Remote (Object) Method Invocation*** **(RMI)**
  - Interazione a livello applicazione come sopra ma attraverso oggetti remoti
- **Scambio messaggi a livello *middleware***
  - Con paradigmi espliciti a livello applicazione (***event-based***, Rx)
  - Interazione a livello HTTP (***pull***, REST) e superiore (***push***, WebSocket)
- ***Streaming*** **o comunicazioni a flusso continuo**
  - Flusso di dati che richiedono continuità temporale
  - Ma di queste non tratteremo

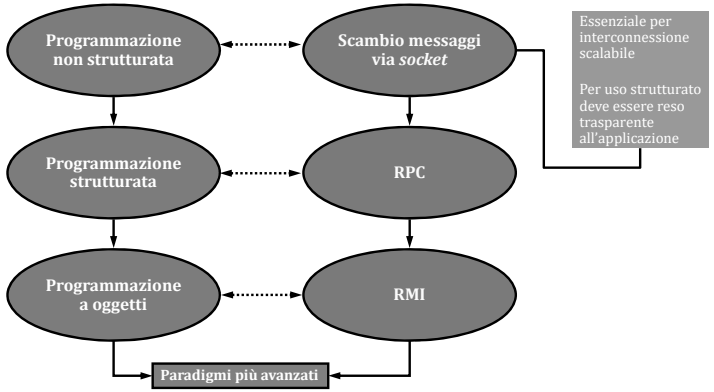
Visione a livelli – 1



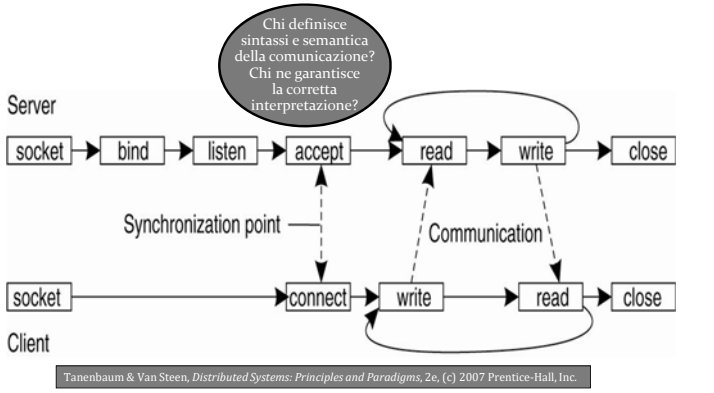
Visione a livelli – 2



Visione per analogie



La negazione dell'astrazione



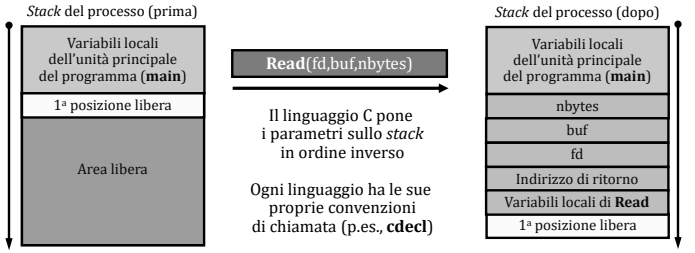
Tanenbaum & Van Steen, *Distributed Systems: Principles and Paradigms*, 2e, (c) 2007 Prentice-Hall, Inc.

RPC – 1

- **Consentire a un processo residente su un nodo di invocare <u>localmente</u> una procedura remota, cioè residente su un altro nodo**
- **Chiamante sospeso durante la chiamata**
  - **I parametri *in* <u>viaggiano</u> da chiamante a chiamato**
  - **I parametri *out* <u>viaggiano</u> da chiamato a chiamante**
- **Chiamante (processo) e chiamato (procedura) <u>non</u> sono consapevoli dello scambio di messaggi sottostante**
  - **Un caso evidente di trasparenza**

RPC – 2

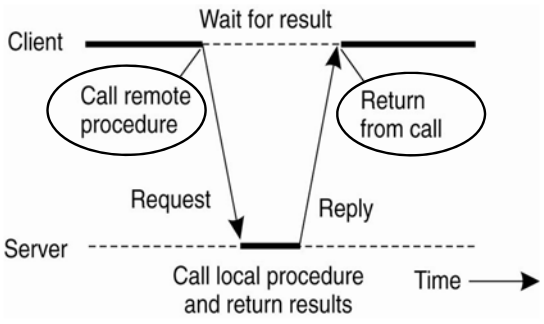
- **Chiamata di procedura locale**



RPC – 3

- I parametri di procedura locale possono essere inviati per valore (*call-by-value*) o per riferimento (*call-by-reference*)
  - Quelli inviati per valore sono copiati sullo *stack* del chiamato
    - Le modifiche apportate dal chiamato non hanno effetto sul chiamante
  - Quelli passati per riferimento puntano alla memoria del chiamante
    - Ogni modifica fatta dal chiamante ha effetto sul chiamato
- La variante (in out), *call-by-value-result*, produce effetto sul chiamante solo al ritorno
  - Producendo un bel risparmio di operazioni

RPC – 4



Tanenbaum & Van Steen, *Distributed Systems: Principles and Paradigms*, 2e, (c) 2007 Prentice-Hall, Inc.

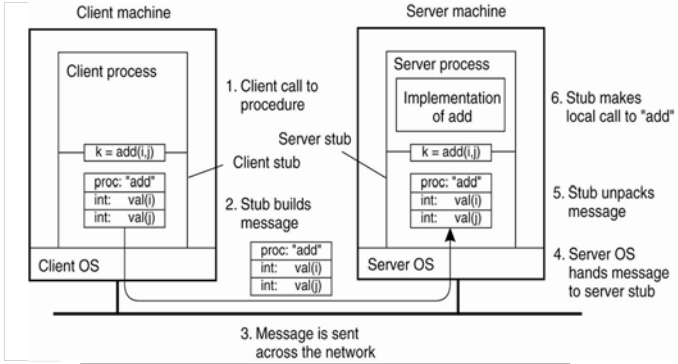
RPC – 5

- Nello spazio del chiamante le procedure remote sono descritte da una procedura fittizia (*client stub*) invocabile con le convenzioni locali
  - Essa svolge le azioni necessarie per effettuare la chiamata remota e riceverne il ritorno
    - Inoltro chiamata e attesa ritorno
  - Tali azioni avvengono tramite scambio messaggi in modo trasparente all'applicazione

RPC – 6

- Nello spazio del chiamato l'arrivo del messaggio attiva una procedura fittizia detta *server stub*
  - Essa trasforma il messaggio in chiamata locale alla procedura invocata, ne raccoglie l'esito e lo inoltra al chiamante come messaggio
- In questo modo chiamante e chiamato hanno reciproca trasparenza di locazione

- Il *client stub* trasforma la chiamata in una sequenza di messaggi da inviare sulla rete
  - *Parameter marshaling*
  - Relativamente agevole con parametri passati per valore per i quali occorre solo assicurare trasparenza di accesso
    - Secondo le convenzioni di chiamante e chiamato
  - Molto più difficile con parametri passati per riferimento
- Il *server stub* esegue una trasformazione analoga e opposta
  - *Parameter un-marshaling*



Tanenbaum & Van Steen, *Distributed Systems: Principles and Paradigms*, 2e, (c) 2007 Prentice-Hall, Inc.

- Tre aspetti chiave caratterizzano lo specifico protocollo RPC
  - Il formato dei messaggi scambiati tra gli *stub*
  - La rappresentazione dei dati attesa da chiamante e chiamato
    - *Encoding*
  - La modalità di comunicazione su rete
    - P.es.: TCP, UDP, …

- Il servente registra il suo nodo (e porta) di residenza presso una anagrafe pubblica
- Con quell'informazione, lo *stub* del cliente innesca una connessione di rete (TCP) per inoltrare la chiamata e acquisirne l'esito
- L'azione di lato cliente è detta *binding*
- Per risparmiare porte TCP, in ascolto sul nodo del servente può trovarsi un *daemon*

RPC – 11

- RPC è sincrona
  - Può essere asincrona solo se priva di parametri *out*
- L'eventualità di errori trasmissivi produce una tassonomia di semantiche
  - *At-least-once*
  - *At-most-once*
  - *Exactly-once*
- Determinata dal protocollo *request-reply* in uso tra gli *stub*

Semantica della comunicazione – 1

- Il protocollo *request-reply* di RPC utilizza 3 meccanismi basati sull'attesa di conferma
  - Lato cliente: *Request Retry – RR1*
    - Il cliente prova fino a ottenere risposta o certezza di irraggiungibilità
  - Lato servente: *Duplicate Filter – DF*
    - Il servente scarta eventuali duplicati provenienti dallo stesso cliente
  - Lato servente: *Result Retransmit – RR2*
    - Il servente conserva le risposte per poterle ritrasmettere senza ricalcolo
    - Fondamentale per calcolo non idempotente

Semantica della comunicazione – 2

- Semantica *best effort*
  - Nessun meccanismo in uso
  - Il cliente non può sapere quante volte la sua richiesta sia stata eseguita
- Semantica *at least once*
  - Il lato cliente usa RR1
  - Il lato servente niente
  - Se la risposta arriva, il cliente non sa quante volte sia stata calcolata dal servente

Semantica della comunicazione – 3

- Semantica *at most once*
  - Il lato cliente usa RR1
  - Il lato servente usa DF e RR2
  - Se la risposta arriva, è stata calcolata una sola volta
  - La risposta non arriva solo a servente guasto
- Semantica *exactly once*
  - Ha bisogno di meccanismi addizionali per tollerare guasti nel servente
    - P.es. replicazione trasparente

RMI – 1

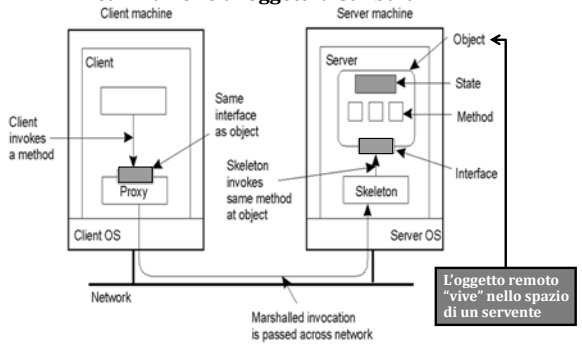
- **Il paradigma RPC può essere facilmente esteso al modello a oggetti distribuiti**
- **Soluzioni storiche**
  - **CORBA: Common Object Request Broker Architecture**
    - OMG – con enfasi sulla interoperabilità
  - **DCOM: Distributed Component Object Model, poi diventato .NET**
    - Microsoft – con enfasi sull'omogeneità
  - **J2EE: Java Platform, Enterprise Edition**
    - Sun Microsystems, poi acquisita da Oracle – con enfasi sull'omogeneità

RMI – 2

- **La separazione logica tra interfaccia e oggetto facilita la distribuzione**
  - **L'interfaccia di oggetto può essere pubblicato remotamente senza coinvolgere l'istanza corrispondente**
  - **Al *binding* di un cliente con un oggetto remoto, una copia dell'interfaccia del "servente" (*proxy*) viene caricata nello spazio del cliente**
    - Il ruolo del *proxy* è analogo a quello del *client stub* in ambiente RPC
  - **La richiesta in arrivo all'oggetto remoto viene trattata da un "agente" (*skeleton*) del cliente localmente al servente**
    - Il ruolo dello *skeleton* è analogo a quello del *server stub* in ambiente RPC

RMI – 3

Realizzazione di oggetti distribuiti



RMI – 4

- **Vi sono oggetti di tipo *compile-time***
  - **Con realizzazione completamente determinata dal linguaggio di programmazione**
    - Ambiente e protocollo d'uso noti e uniformi ma non *interoperable*
- **E oggetti di tipo *run-time***
  - **Quando si vuole far apparire come oggetto ciò che non lo è in realtà**
    - L'entità concreta (la sua interfaccia) viene incapsulata in un ***object wrapper*** che appare all'esterno come un normale oggetto remoto
    - In questo modo si ottiene ***interoperability***

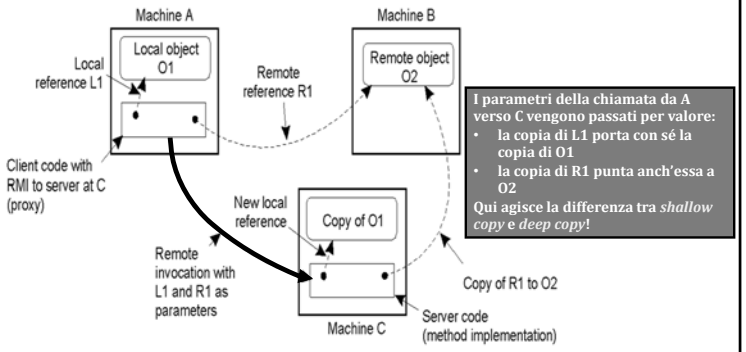
RMI – 5

- **Vi sono oggetti persistenti**
  - **Che continuano a esistere anche al di fuori dello spazio di indirizzamento del servente**
    - Lo stato persistente dell'oggetto distribuito viene salvato in memoria secondaria e da lì ripristinato dai processi servente delegati a farlo
- **E oggetti transitori**
  - **Che cessano di esistere con la terminazione del servente che li contiene**
- **Modelli RMI diversi fanno scelte diverse**

RMI – 6

- **RMI offre maggiore trasparenza di RPC**
  - **I riferimenti a oggetti distribuiti hanno *scope* globale possono essere liberamente scambiati a livello sistema**
  - **Un riferimento poco scalabile usa un analogo del *daemon* RPC per interconnettere cliente e servente dell'oggetto**
    - <indirizzo di rete del *daemon*; identificatore del servente>
    - Cosa è questo identificatore?
- **Modalità di riferimento**
  - ***Explicit binding***
    - Il cliente si rivolge a una anagrafe che restituisce un puntatore localmente utilizzabile al ***proxy*** dell'oggetto servente (**Java RMI**)
  - ***Implicit binding***
    - Il linguaggio risolve direttamente il riferimento in modo invisibile al cliente

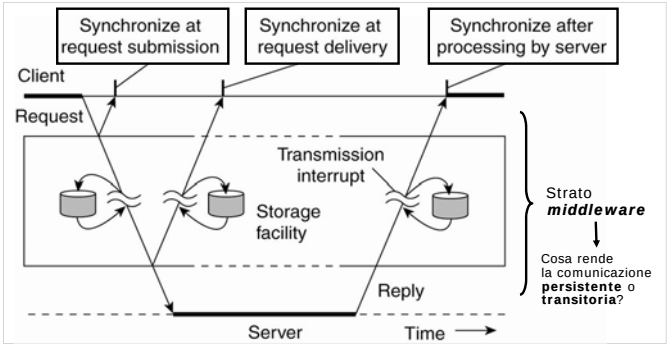
RMI – 8



I parametri della chiamata da A verso C vengono passati per valore:
- la copia di L1 porta con sé la copia di O1
- la copia di R1 punta anch'essa a O2

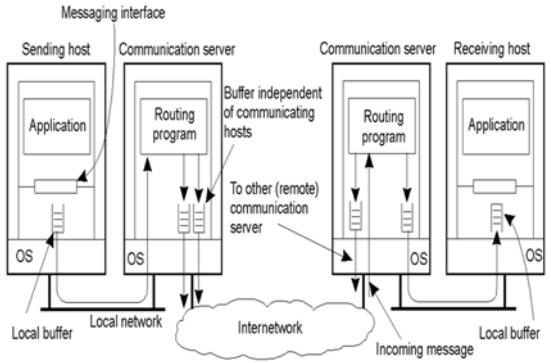
Qui agisce la differenza tra *shallow copy* e *deep copy*!

Scambio messaggi: sincronizzazione



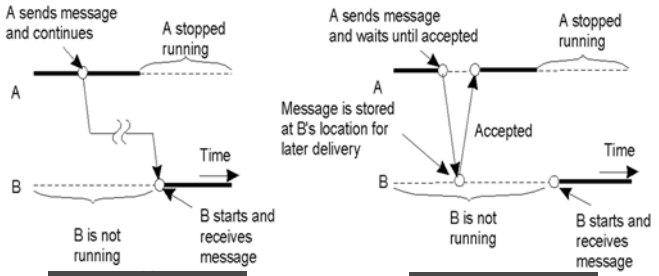
Tratto da: Tanenbaum & Van Steen, *Distributed Systems: Principles and Paradigms*, 2e, (c) 2007 Prentice-Hall, Inc.

Scambio messaggi: persistenza



Lo scambio messaggi in ambiente distribuito comporta problemi di persistenza della comunicazione e di sincronizzazione tra mittente e destinatario

Varianti scambio messaggi – 1

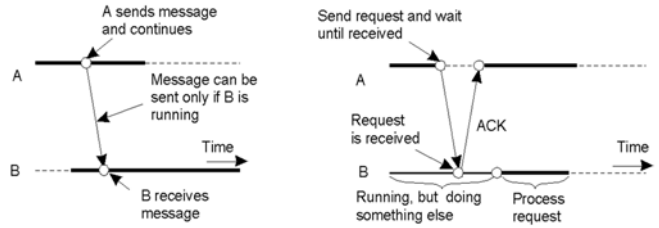


Persistente, asincrona

Persistente, sincrona

Tratto da: Tanenbaum & Van Steen, *Distributed Systems: Principles and Paradigms*, 2e, (c) 2007 Prentice-Hall, Inc.

Varianti scambio messaggi – 2

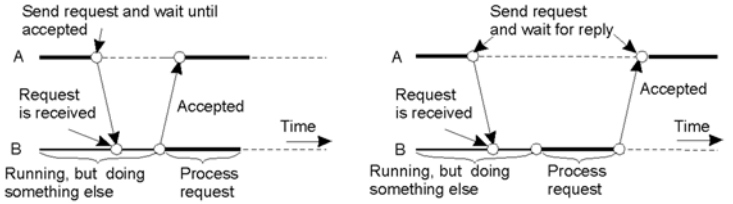


Transiente, asincrona

Transiente, sincrona (su Ack)

Tratto da: Tanenbaum & Van Steen, *Distributed Systems: Principles and Paradigms*, 2e, (c) 2007 Prentice-Hall, Inc.

Varianti scambio messaggi – 3



Transiente, sincrona (consegna)

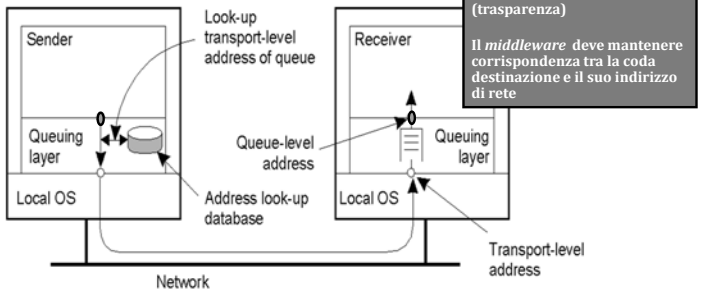
Transiente, sincrona (risposta)

Tratto da: Tanenbaum & Van Steen, *Distributed Systems: Principles and Paradigms*, 2e, (c) 2007 Prentice-Hall, Inc.

Scambio messaggi: realizzazione – 1

- ***Middleware* orientato a messaggi**
  - **Applicazioni distribuite comunicano tramite inserzione di messaggi in specifiche code**
    - Modello a code di messaggi
    - Eccellente supporto a comunicazioni persistenti e asincrone
    - Senza garanzia che il destinatario prelevi il messaggio dalla sua coda
  - **Di immediata realizzazione tramite**
    - **`Put`** non bloccante (asincrona → come trattare il caso di coda piena?)
    - **`Get`** bloccante (sincrona rispetto alla presenza di messaggi in coda)
      - Un meccanismo di ***callback*** separa la coda dall'attivazione del destinatario
    - Un PO realizza la coda con metodo **`Put`** di tipo **`P`** e metodo **`Get`** di tipo **`E`**
    - Coda *proxy* @ mittente e coda *skeleton* @ destinatario

Scambio messaggi: realizzazione – 2



La coda appare locale sia al mittente che al destinatario (trasparenza)

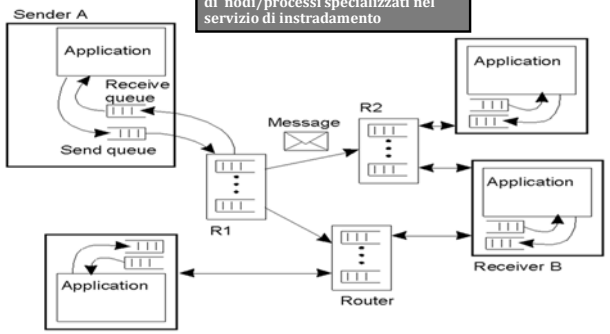
Il *middleware* deve mantenere corrispondenza tra la coda destinazione e il suo indirizzo di rete

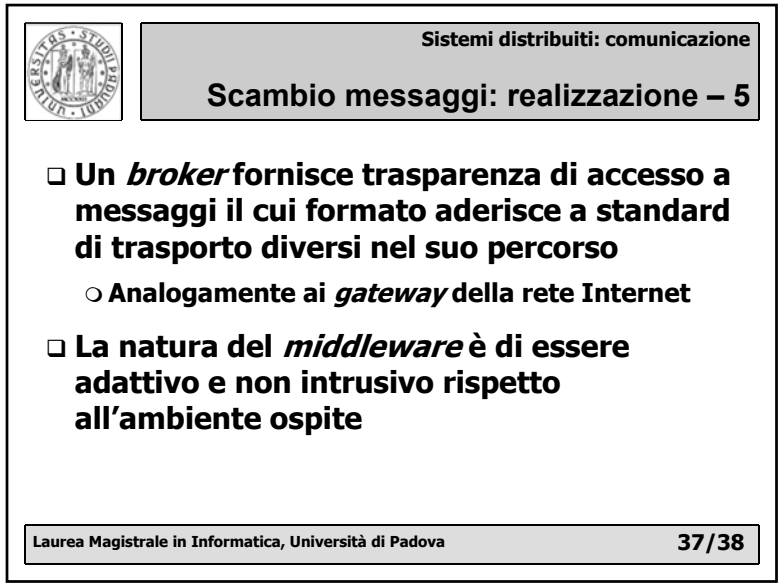
Scambio messaggi: realizzazione – 3

- **Il *middleware* realizza una rete logica sovrapposta a quella fisica con topologia propria e distinta**
  - ***Overlay network* con proprio servizio di *routing***
    - Quei *router* conoscono la topologia della rete logica e inoltrano i messaggi del mittente alla coda del destinatario
  - **Topologie complesse e variabili richiedono gestione dinamica delle corrispondenze <coda destinatario -indirizzo di rete>**
    - In totale analogia con quanto avviene nel modello IP

Scambio messaggi: realizzazione – 4

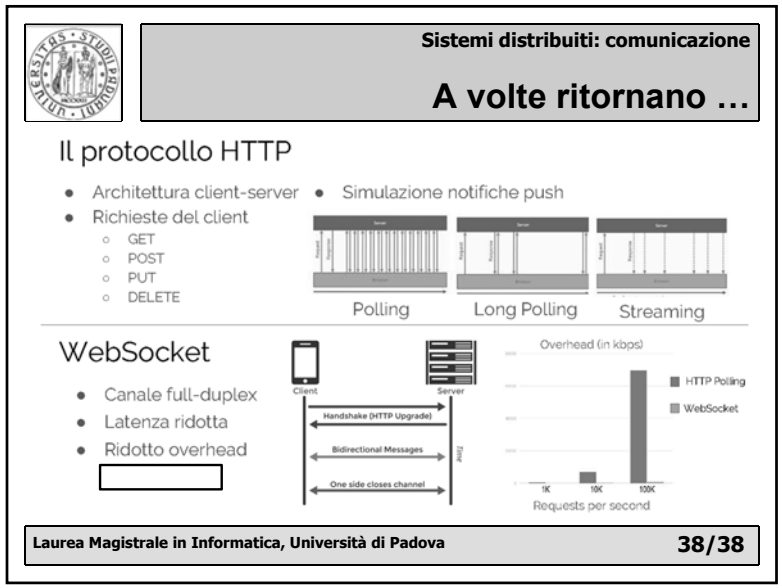
L'architettura generale di una rete logica scalabile richiede un insieme di nodi/processi specializzati nel servizio di instradamento





Scambio messaggi: realizzazione – 5

- Un *broker* fornisce trasparenza di accesso a messaggi il cui formato aderisce a standard di trasporto diversi nel suo percorso
  - Analogamente ai *gateway* della rete Internet
- La natura del *middleware* è di essere adattivo e non intrusivo rispetto all'ambiente ospite



A volte ritornano …

Il protocollo HTTP

- Architettura client-server
- Richieste del client
  - GET
  - POST
  - PUT
  - DELETE
- Simulazione notifiche push

WebSocket

- Canale full-duplex
- Latenza ridotta
- Ridotto overhead