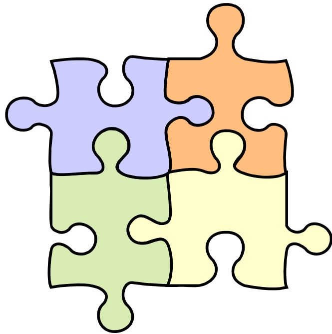
Luca Cabibbo



Architetture Software

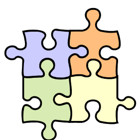
Architetture a oggetti distribuiti

Dispensa ASW 420

ottobre 2014

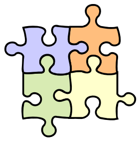
Tutti sanno che una certa cosa
è impossibile da realizzare,
finché arriva uno sprovveduto che non lo sa
e la inventa.

Albert Einstein



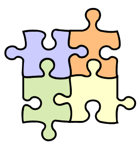
- Fonti

- [POSA1] Pattern-Oriented Software Architecture, 1996
- [POSA4] Pattern-Oriented Software Architecture – A Pattern Language for Distributed Computing, 2007

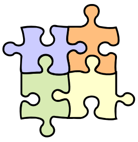


- Obiettivi e argomenti

- Obiettivi
  - presentare le architetture a oggetti distribuiti (DOA)
  - presentare il pattern architetturale Broker per la realizzazione dell'infrastruttura di comunicazione distribuita in una DOA
- Argomenti
  - architetture a oggetti distribuiti
  - Broker [POSA]
  - discussione

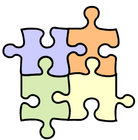


- Wordle



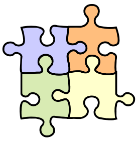
* Architetture a oggetti distribuiti

- Nelle architetture client/server, i client e i server sono organizzati secondo una struttura gerarchica
  - è possibile pensare a soluzioni più flessibili – meno vincolate – in cui i diversi componenti software possono interagire anche come "pari"
- Le architetture a oggetti distribuiti adottano un approccio più generale – in cui
  - sono mantenute le importanti nozioni di "servizio" e "interfaccia" – i servizi vengono ancora consumati sulla base di un protocollo richiesta/risposta
  - viene adottato un paradigma a oggetti
  - viene rimossa la distinzione statica tra client e server – ma, in ciascuna singola interazione, si continua a distinguere tra "client" e "server" (nell'ambito della specifica interazione)



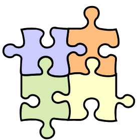
Richiamo: Paradigma a oggetti

- Nel paradigma di programmazione a **oggetti** (non distribuiti!)
  - ciascun *oggetto* incapsula stato e comportamento
    - il comportamento di un oggetto è descritto dalla sua *interfaccia* (definita implicitamente o esplicitamente)
      - è la specifica dei metodi che possono essere invocati pubblicamente
    - l'implementazione del comportamento è privata
    - anche lo stato di un oggetto è gestito privatamente
  - ciascun oggetto è identificato mediante un *riferimento univoco*
    - questo è necessario, in particolare, nell'invocazione di metodi
  - un programma è composto da una collezione di oggetti
    - nella programmazione ad oggetti tradizionale, tutti gli oggetti risiedono normalmente in un singolo processo



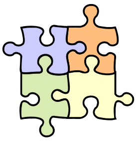
Paradigma a oggetti distribuiti

- Nel paradigma di programmazione a **oggetti distribuiti**
  - due tipi di oggetti
    - *oggetti locali* – sono visibili localmente a un processo
    - *oggetti remoti* – possono essere distribuiti in più computer/processi
  - ciascun *oggetto* incapsula stato e comportamento
  - gli oggetti remoti possono essere utilizzati mediante la loro *interfaccia remota* – deve essere definita esplicitamente
  - gli oggetti remoti sono identificati mediante un *riferimento remoto* (univoco)
    - la cui conoscenza è necessaria per invocare metodi remoti
  - un programma distribuito è composto da una collezione di oggetti, locali e remoti
    - ciascun oggetto può interagire con quelli che conosce – a lui locali o remoti (alcuni visibili globalmente)

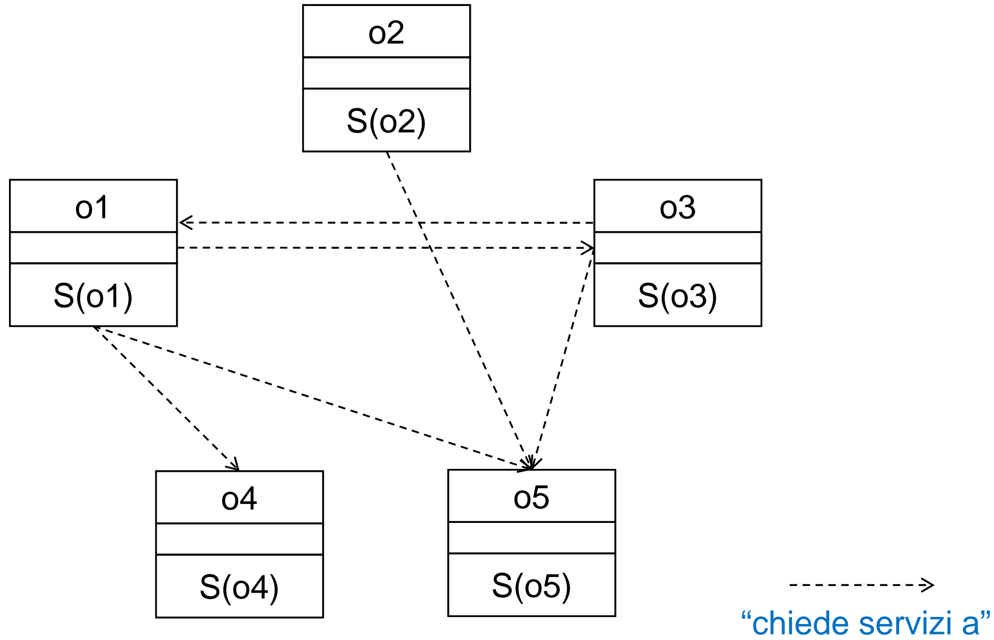


Architetture a oggetti distribuiti

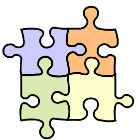
- Dunque, in un'**architettura a oggetti distribuiti** (*DOA*)
  - gli elementi del sistema sono chiamati *oggetti remoti* (o *distribuiti*)
    - attenzione, si tratta di solito di "macro-oggetti" – nel senso che, comunemente, un oggetto remoto definisce una facade verso un gruppo di oggetti "tradizionali" (che gli sono locali)
    - comunque realizzati con tecnologie a oggetti
  - ciascun oggetto remoto fornisce dei servizi
    - descritti mediante la sua interfaccia remota
  - un oggetto può richiedere/fornire servizi ad altri oggetti
  - gli oggetti possono essere distribuiti tra diversi computer, in modo flessibile



Un'architettura a oggetti distribuiti

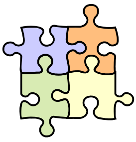


- Nota – si tratta di una vista "logica", "funzionale"

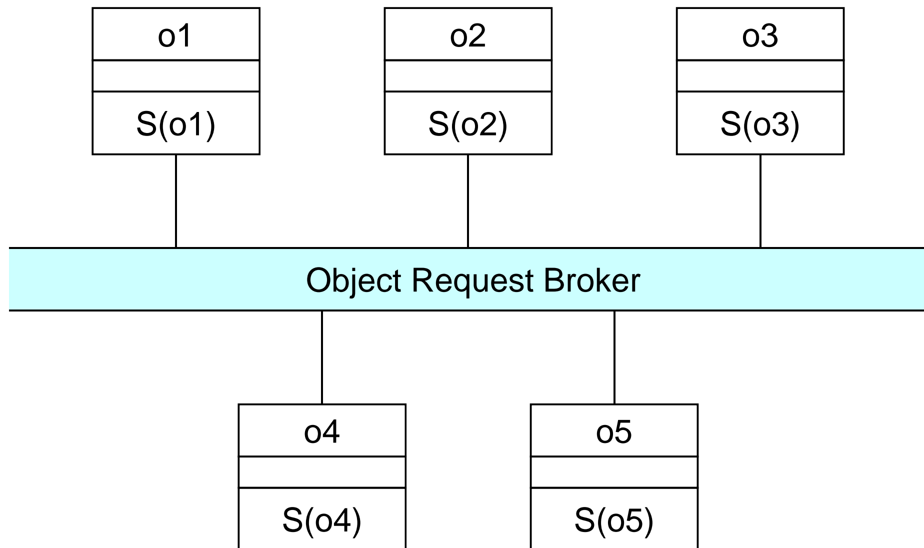


Comunicazione tra oggetti distribuiti

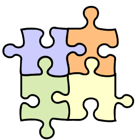
- In una DOA, la comunicazione tra oggetti distribuiti – basata su un paradigma di comunicazione di tipo RMI – avviene mediante un'infrastruttura di comunicazione opportuna – ovvero, mediante del middleware opportuno
  - solitamente un *broker* – nello specifico, un *object request broker* (*ORB*)
  - l'ORB agisce essenzialmente come un bus software per consentire la comunicazione tra i vari oggetti remoti (distribuiti)



Comunicazione mediante broker

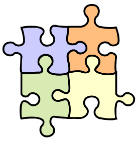


- Questa è, invece, una vista di deployment
  - mostra l'infrastruttura di comunicazione
  - potrebbe mostrare anche i nodi di calcolo



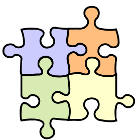
Interazione tra oggetti distribuiti

- Modalità di interazione tra oggetti distribuiti
  - gli oggetti server (ovvero, gli oggetti che offrono servizi) possono registrare i servizi che offrono presso il broker
    - più precisamente, presso il servizio di directory gestito dal broker
  - gli oggetti client possono consultare il broker per ottenere un riferimento remoto a un oggetto server
    - consultando il servizio di directory – ad esempio a partire da un identificatore simbolico dell'oggetto server di interesse
  - gli oggetti client possono poi fare richieste agli oggetti server
    - usando il broker come indirezione
  - "client" e "server" usati per indicare il ruolo nell'ambito di una possibile interazione
    - gli oggetti possono anche interagire come "pari"



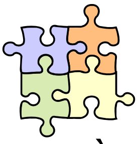
Caratteristiche delle DOA

- Conseguenze
  - ☺ architettura aperta, flessibile e scalabile
  - ☺ possibile riconfigurare il sistema dinamicamente, migrando gli oggetti tra computer – questo consente di rimandare decisioni su dove fornire i servizi, oppure di cambiare decisioni per sostenere, ad esempio, scalabilità
  - ☺ consente l'introduzione dinamica di nuove risorse, quando richieste
  - ☺ la manutenibilità può essere favorita – con oggetti a grana piccola – coesi e poco accoppiati
  - ☺ l'affidabilità può beneficiare del fatto che lo stato degli oggetti è incapsulato



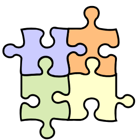
Caratteristiche delle DOA

- Conseguenze
  - ☹ le prestazioni peggiorano se sono utilizzati molti oggetti a grana piccola o con servizi a grana piccola
  - 😐 le prestazioni dipendono dalla topologia e dalla grana degli oggetti e della loro interfaccia
    - bene con oggetti a grana grossa, che comunicano poco
  - 😐 la sicurezza beneficia dall'incapsulamento dei dati – ma la frammentazione dei dati influisce negativamente
  - ☹ maggior complessità rispetto ai sistemi client/server



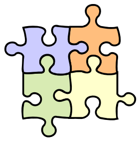
Usi delle DOA

- È possibile identificare due modalità principali per l'uso delle DOA
  - la DOA può essere usata come un "modello logico" per strutturare e organizzare il sistema
    - gli elementi dell'architettura sono macro-oggetti che offrono servizi e incapsulano lo stato
    - il modello a oggetti viene usato per ragionare ai vari livelli di decomposizione del sistema
  - le tecnologie DOA possono essere usate come base (flessibile) per l'implementazione di sistemi client/server
    - ovvero, si adotta un'architettura "logica" per il sistema di tipo client/server – ma "tecnologicamente" client e server sono realizzati come oggetti distribuiti – che comunicano con una tecnologia DOA



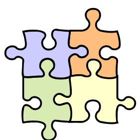
Architetture a oggetti distribuiti

- Il funzionamento di un ORB è descritto dal pattern architetturale Broker
  - descritto nel seguito
- Per le tecnologie a oggetti distribuiti, vedi anche
  - dispensa su Oggetti distribuiti e invocazione remota

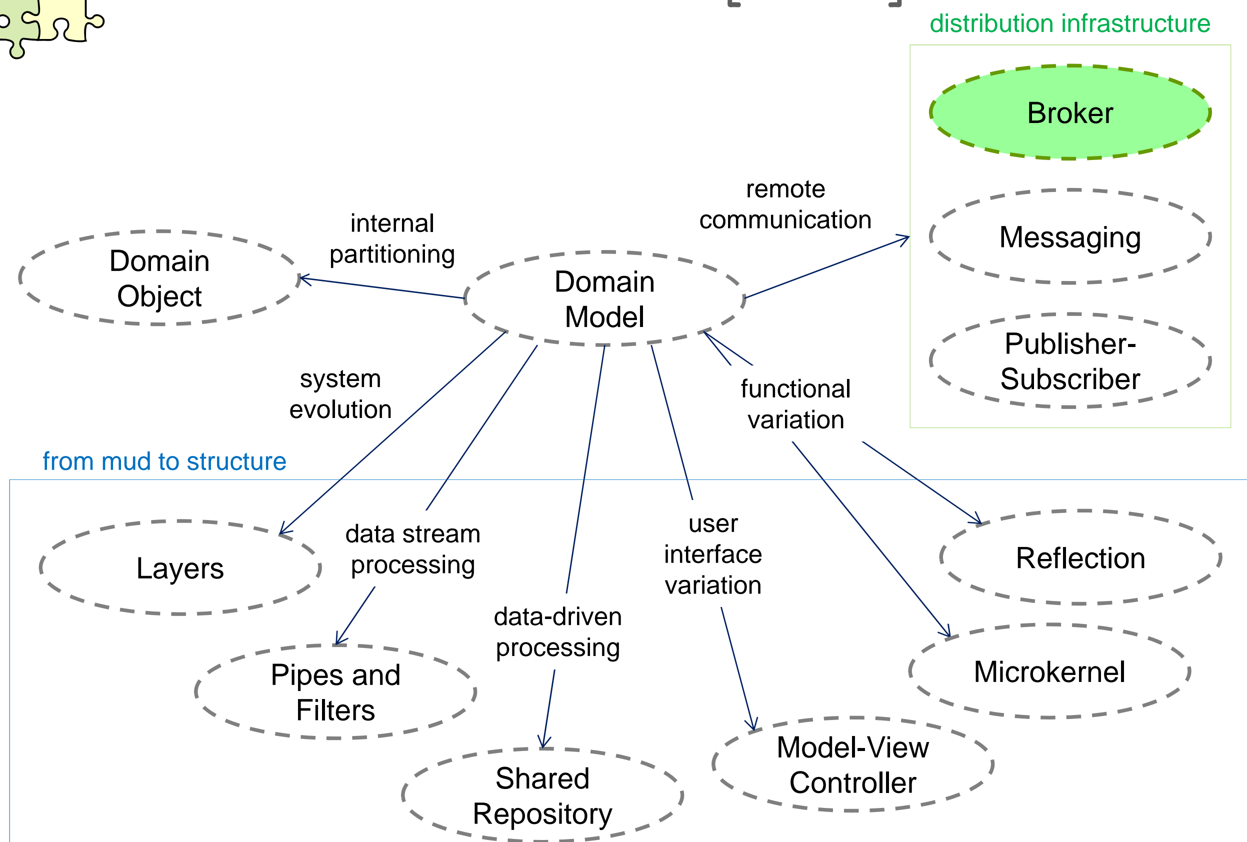


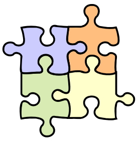
* Broker [POSA]

- Il pattern architetturale **Broker**
  - può essere usato per strutturare sistemi distribuiti con componenti disaccoppiati che interagiscono mediante l'invocazione di servizi remoti
  - un elemento broker è responsabile del coordinamento della comunicazione tra i diversi componenti remoti
    - ad es., per inoltrare richieste e trasmettere risposte o eccezioni
- In generale, il termine *broker* indica un *intermediario*
  - ad esempio, una parte che media tra un acquirente e un venditore
  - "un professionista che ricerca e acquista, per conto del cliente, nel mercato di riferimento, il prodotto che offre il miglior rapporto qualità-prezzo" [Wikipedia]



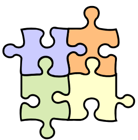
Relazione con altri stili [POSA]





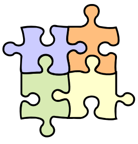
Broker

- [POSA4] colloca Broker nella categoria “infrastrutture per la distribuzione”
  - Broker è un pattern alla base di molte tecnologie a oggetti/servizi distribuiti
  - costituisce un’infrastruttura di comunicazione per rendere trasparenti all’applicazione (e al programmatore) alcune complessità della distribuzione



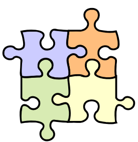
Esempio

- City Information System – CIS
  - sistema di informazioni turistiche
  - portale verso altri sistemi (esterni) che effettivamente offrono servizi per turisti
    - informazioni su alberghi e ristoranti, trasporti pubblici, musei, visite guidate, ...
    - in alcuni casi con la possibilità di fare prenotazioni/acquisti
  - ci possono essere più sistemi esterni che possono soddisfare uno stesso tipo di richieste
  - è possibile la registrazione dinamica di nuovi sistemi esterni
  - il CIS si propone come un punto di contatto singolo per il turista nei confronti dei sistemi esterni
    - dunque, CIS è un “broker” tra turista e sistemi esterni



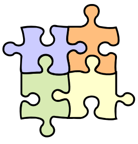
Broker

- Contesto
  - ci sono più componenti in grado di erogare dei servizi – in un ambiente distribuito di erogatori di servizi
  - questi componenti potrebbero essere eterogenei



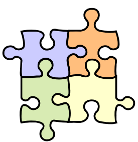
Broker

- Problema
  - si vuole organizzare il sistema in modo che sia possibile utilizzare un insieme di componenti distribuiti, in modo flessibile – in modo che gli utenti dei servizi non debbano conoscere la natura e la posizione dei fornitori dei servizi – e in modo che sia possibile cambiare dinamicamente i collegamenti tra utenti e fornitori di servizi
    - componenti interoperabili ma disaccoppiati
    - trasparenza nell'accesso ai componenti – ad es. di locazione
    - possibilità di aggiungere/rimuovere/sostituire componenti a runtime
  - in generale, le applicazioni distribuite dovrebbero gestire le problematiche connesse alla distribuzione usando un modello di programmazione che protegga le applicazioni stesse dai dettagli della rete e della posizione dei componenti in rete



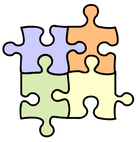
Broker

- Soluzione
  - introduci un componente intermediario *broker* – per avere un disaccoppiamento tra utenti (client) e fornitori (server) dei servizi
    - in un sistema distribuito, il broker incapsula l'infrastruttura di comunicazione
    - inoltre, il broker definisce un modello di programmazione distribuita in cui i client possono richiedere servizi remoti come se fossero servizi locali
    - in questo modo, i dettagli della comunicazione sono separati dalle funzionalità applicative
  - utilizza degli ulteriori intermediari *proxy* – per aiutare i componenti client e server nella gestione dei dettagli dell'interazione con il broker

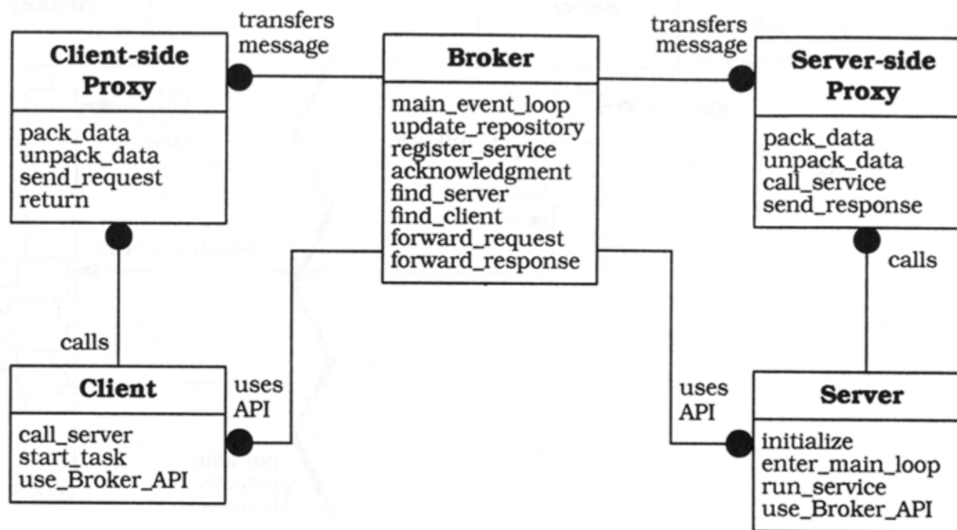


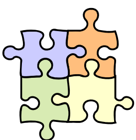
Broker

- Soluzione
  - dinamica dell'interazione
    - i server registrano i propri servizi presso il broker
    - un client accede ai servizi indirettamente, tramite il broker – il broker inoltra ciascuna richiesta di un client ad un server opportuno, e poi trasmette al client la risposta ricevuta – in questo modo i client possono ignorare l'identità, la locazione e le caratteristiche del server che li stanno servendo
  - se un server diviene indisponibile, il broker può scegliere dinamicamente di sostituirlo con un altro server (che offre un servizio compatibile)
    - il broker è l'unico componente che deve sapere di questo cambiamento – senza ripercussioni sui client



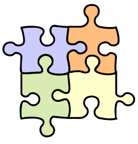
Struttura (parziale)





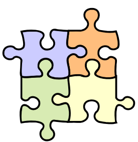
Partecipanti (1)

- *Server*
  - ciascun server è un oggetto o componente che offre servizi
  - i servizi sono esposti tramite una interfaccia – ad es., IDL
  - di solito ci sono molti server, che offrono gli stessi servizi o anche servizi diversi
- *Client*
  - ciascun client è un oggetto (o componente o applicazione) che vuole fruire di servizi
  - di solito ci sono molti client concorrenti
  - ciascun client inoltra le proprie richieste al Broker
- Client e server non nell'accezione (stretta) dello stile client/server
  - ma nell'accezione DOA – in una certa interazione, un oggetto/componente client vuole fruire di un servizio fornito da un oggetto/componente server



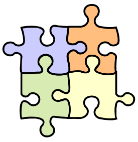
Partecipanti (2)

- *Broker*
  - come abbiamo detto, il termine "broker" indica un intermediario
  - il broker è un bus – un "messaggero" – responsabile della trasmissione di richieste e risposte tra client e server
  - offre ai server (mediante delle API) la funzionalità per registrare i loro servizi
  - offre ai client (mediante delle API) la funzionalità per richiedere l'esecuzione di servizi
  - può offrire altri servizi aggiuntivi – ad es., naming (directory, context)



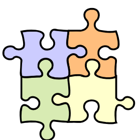
Partecipanti (3)

- *Proxy lato client*
  - intermediario tra client e broker/server
    - è il rappresentante lato client del servizio richiesto – con la stessa interfaccia del servizio
  - vive nel processo del client
  - un remote proxy – fornisce trasparenza rispetto alla distribuzione, perché sia il broker che l'oggetto server remoto appaiono locali al client
- *Proxy lato server*
  - intermediario tra broker e server
  - vive nel processo del server
  - responsabile di ricevere richieste dal client (tramite il broker), di invocare il servizio effettivo e di trasmettere le risposte al client (tramite il broker)



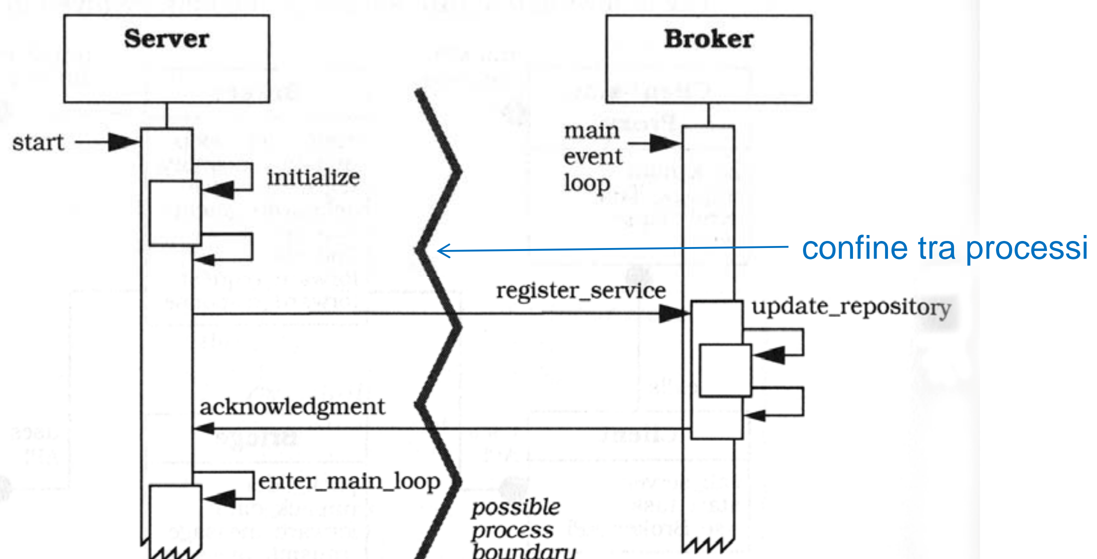
Parentesi: Proxy [POSA, GoF]

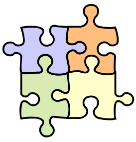
- Il design pattern **Proxy** fa comunicare i client di un componente che offre servizi con un rappresentante di quel componente – e non direttamente con il componente stesso
  - l'introduzione di un tale "segnaposto" può sostenere diversi scopi – ad es., aumentare l'efficienza, semplificare l'accesso, consentire la protezione da accessi non autorizzati
- Proxy [GoF]
  - fornisce un surrogato o un segnaposto per un altro oggetto – per controllarne l'accesso
- Possibili diverse applicazioni di proxy
  - remote proxy, protection proxy, cache proxy, synchronization proxy, virtual proxy, ...
  - in Broker, si tratta di un remote proxy



Scenario 1

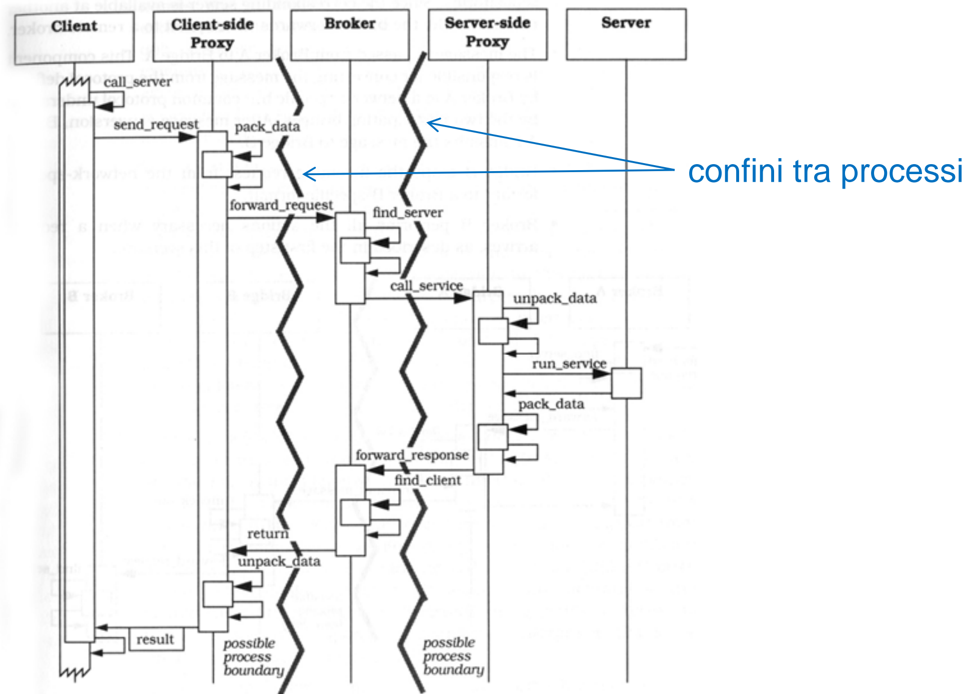
- Registrazione di un server presso un broker

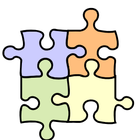




Scenario 2

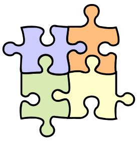
- Gestione di una richiesta da parte di un client





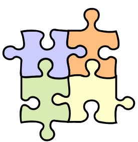
Scenario 2

- Ruolo del broker in questo scenario 2 – trascurando il ruolo dei proxy (che già conosciamo)
  - il client chiede l'erogazione di un servizio – ma non la chiede direttamente a un server, ma piuttosto la chiede al broker
  - il broker (sulla base delle informazioni sui servizi registrati, che gestisce direttamente) seleziona un server in grado di erogare il servizio richiesto
    - potrebbero esserci un solo server in grado di erogare quel servizio, ma potrebbero essercene anche più di uno
  - inoltre, il broker inoltra la richiesta al server selezionato, per conto del client
  - poi, il broker ottiene la risposta alla richiesta dal server, sempre per conto del client
  - infine, il broker restituisce la risposta al client



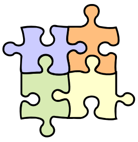
Scenario 2 - varianti

- Lo scenario per la gestione delle richieste da parte di un client ha due varianti principali – nelle due varianti, il broker ha ruoli diversi – ma anche i proxy hanno ruoli un po' diversi
  - *comunicazione indiretta*
    - come mostrato dallo scenario 2 di base, tutte le richieste (e le risposte) transitano attraverso il broker
  - *comunicazione diretta*
    - il broker è responsabile solo di mettere in comunicazione client e server
    - dopo di che, client e server comunicano in modo diretto – richiede che client e server comprendano e utilizzino lo stesso protocollo

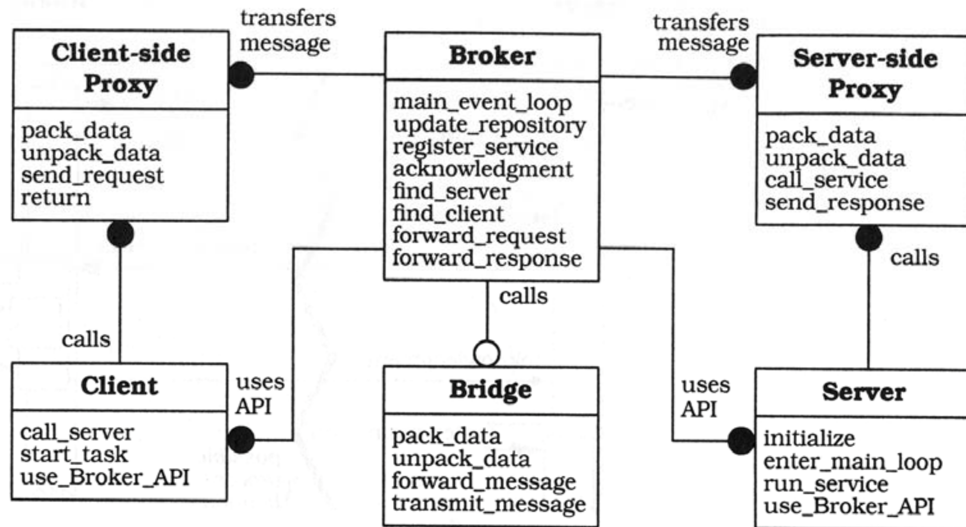


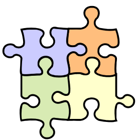
Scenario 2 - varianti

- Confronto tra le due varianti
  - nella comunicazione diretta, l'overhead di comunicazione è minore
  - tuttavia, nella comunicazione indiretta, il client è protetto in modo continuo da eventuali indisponibilità e variazioni di locazione dei servizi
  - inoltre la comunicazione indiretta abilita lo scenario 3 – uno scenario di interoperabilità, relativo alla soluzione completa proposta da Broker



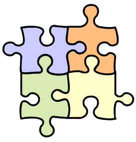
Struttura (completa)





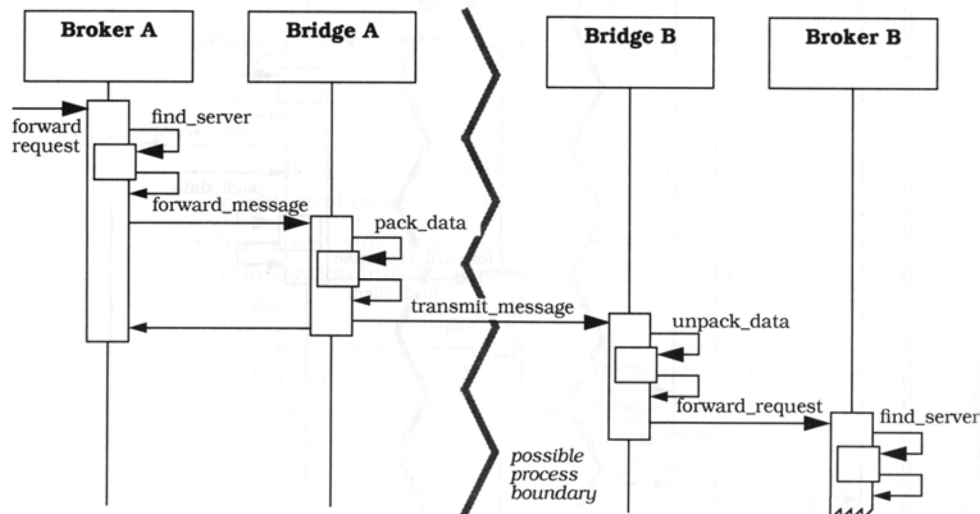
Partecipanti (4)

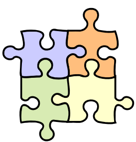
- *Bridge*
  - si tratta di un componente opzionale – per collegare/far interoperare più broker
  - in particolare, ciascun broker è di solito specializzato per una particolare "tecnologia" – ma può essere dotato di un proprio bridge per interoperare con altri broker – con riferimento a un qualche protocollo per l'interoperabilità
  - di solito, in un sistema basato su broker
    - si utilizza un broker per ciascuna tecnologia che deve interoperare
    - ciascun broker è associato a un proprio bridge
    - i diversi bridge interagiscono tra di loro sulla base di un protocollo per l'interoperabilità che è indipendente dalle specifiche tecnologie utilizzate dai singoli broker



Scenario 3

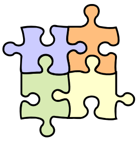
- Interazione tra broker multipli
  - ciascun broker gestisce componenti “omogenei”
  - i diversi broker comunicano mediante bridge





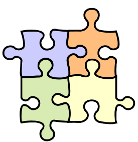
Conseguenze

- Benefici
  - ☺ trasparenza dalla posizione – il client non ha bisogno di sapere dove si trova il server – i server possono ignorare la posizione dei loro client
  - ☺ modificabilità ed estendibilità dei componenti
  - ☺ interoperabilità tra tipi di client, server e broker diversi
  - ☺ riusabilità di servizi esistenti



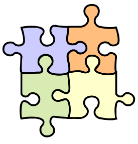
Conseguenze

- Inconvenienti
  - ☹ riduzione delle prestazioni
  - ☹ minor tolleranza ai guasti rispetto a una soluzione non distribuita – il broker potrebbe essere un punto di fallimento singolo (ma se è opportunamente replicato/ridondato, allora potrebbe non esserlo)
  - ☹ testing difficile



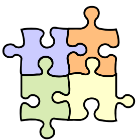
Esempio: Java RMI

- Java RMI
  - l'architettura Java RMI è sostanzialmente basata su Broker
    - il ruolo del broker è svolto dalla JVM remota che contiene l'oggetto servente
    - il ruolo del proxy lato client è svolto dalla JVM lato client – e da uno stub generato implicitamente
    - il ruolo del proxy lato server (lo skeleton) è svolto dalla JVM lato server – anche in questo caso, lo skeleton è generato implicitamente
  - la comunicazione Java RMI è normalmente basata sul protocollo JRMP
    - tuttavia, la tecnologia Java RMI-IIOP (Java RMI over Internet Inter-ORB Protocol) consente di interoperare con dei broker CORBA – si tratta di una "tecnologia bridge"



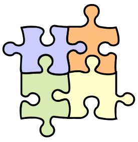
- Broker e tattiche per la modificabilità

- *Increase semantic coherence – increase cohesion*
  - ciascun server raggruppa un insieme di funzionalità semanticamente correlate
- *Encapsulate – reduce coupling*
  - ciascun server espone le proprie funzionalità mediante un'interfaccia remota pubblicata – l'interazione con i client avviene solo sulla base di tale interfaccia
  - anche il broker espone le proprie responsabilità pubbliche (ad es., relativamente al registry dei servizi) mediante delle API pubbliche – in modo indipendente dall'implementazione di tali responsabilità



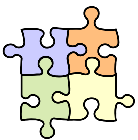
Broker e tattiche per la modificabilità

- *Use an intermediary – reduce coupling*
  - il broker è un intermediario tra client e server – fornisce la possibilità di invocare servizi in modo indipendente dalla locazione
  - anche il proxy lato client è un intermediario – gli oggetti remoti appaiono locali al client
  - anche il proxy lato server è un intermediario – il server riceve delle chiamate locali
  - la coppia di proxy nasconde a client e server dettagli implementativi della comunicazione remota



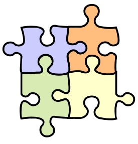
Broker e tattiche per la modificabilità

- *Restrict dependencies – reduce coupling*
  - il client comunica con il server indirettamente, tramite i proxy ed il broker – questo consente cambiamenti nei server motivati, ad esempio, da obiettivi di affidabilità o bilanciamento del carico
- *Use runtime binding – defer binding*
  - i server si registrano presso il broker a runtime – la registrazione può cambiare dinamicamente



* Discussione

- Le architetture client/server e ad oggetti distribuiti sono alla base di molte tecnologie per sistemi distribuiti
  - nel tempo, le tecnologie sottostanti e i relativi pattern di utilizzo, si sono evoluti per semplificare ulteriormente lo sviluppo dei sistemi distribuiti e favorire la loro interoperabilità
- Le evoluzioni sono mirate a superare alcuni “limiti” di queste tecnologie di base – ad esempio
  - messaging – consente una modalità di interazione asincrona basata sullo scambio di messaggi
  - componenti – con una piattaforma che offre servizi ai suoi componenti – con la possibilità di configurarli dinamicamente
  - servizi – interoperabilità tra componenti in piattaforme diverse



Discussione

- Middleware per il messaging
  - consente lo scambio asincrono di messaggi
  - sostiene accoppiamento debole, flessibilità ed affidabilità
- Middleware per componenti
  - i componenti vivono in contenitori (application server) in grado di gestire la configurazione e la distribuzione dei componenti, e fornire ad essi funzionalità di supporto
  - possibile sia la comunicazione sincrona che asincrona
- Middleware orientato ai servizi
  - enfasi sull'interoperabilità tra componenti eterogenei, sulla base di protocolli standard aperti ed universalmente accettati
  - possibile sia la comunicazione sincrona che asincrona
  - flessibilità nell'organizzazione dei suoi elementi (servizi)