Luca Cabibbo

# Architettura dei Sistemi Software

# Introduzione ai sistemi distribuiti

**dispensa asw410**

marzo 2021

*The most important things in life are the connections you make with others.*

*Tom Ford*



## - Riferimenti


- Luca Cabibbo. **Architettura del Software**: Strutture e Qualità. Edizioni Efesto, 2021.
  - Capitolo 21, Introduzione ai sistemi distribuiti
- [POSA4] Buschmann, F., Henney, K., and Schmidt, D.C. **Pattern-Oriented Software Architecture (Volume 4)**: A Pattern Language for Distributed Computing. Wiley, 2007.
- Coulouris, G, Dollimore, J., Kindberg, T., and Blair, G. **Distributed Systems**: Concepts and Design, fifth edition. Pearson, 2012.
- Shaw, M. Procedure Calls are the Assembly Language of Software Interconnections: Connectors Deserve First-Class Status. Technical report CMU/SEI-94-TR-002, 1994.
- Taylor, R.N., Medvidovic, N., and Dashofy, E.M. **Software Architecture**: Foundations, Theory, and Practice. John Wiley & Sons, 2010.
- Bernstein, P. Middleware. Communications of the ACM, 1996.

# - Obiettivi e argomenti

- Obiettivi
  - introdurre i sistemi distribuiti
  - introdurre i connettori e il middleware
  - introdurre brevemente due stili fondamentali di comunicazione distribuita e i pattern architetturali POSA che li rappresentano
- Argomenti
  - introduzione ai sistemi distribuiti
  - connettori
  - middleware
  - stili di comunicazione e pattern architetturali POSA
  - discussione



# * Introduzione ai sistemi distribuiti

- Alcune possibili definizioni – un **sistema distribuito** è
  - un sistema software in cui l'elaborazione è distribuita su più computer (nodi)
  - un sistema di elaborazione in cui un numero di componenti coopera comunicando in rete [POSA4]
  - un sistema in cui i componenti hardware o software posizionati in computer collegati in rete comunicano e coordinano le proprie azioni solo tramite lo scambio di messaggi [Coulouris]
  - un sistema in cui il fallimento di un computer di cui nemmeno conosci l'esistenza può rendere inutilizzabile il tuo computer [Lamport]

# Architettura dei sistemi software distribuiti

- Architettura dei sistemi software distribuiti (intuizioni)
  - un sistema distribuito è costituito da un insieme di elementi software, in esecuzione su più nodi, che comunicano tra di loro mediante una rete
  - sono possibili diverse modalità di comunicazione tra gli elementi software distribuiti
  - sono possibili diverse modalità di organizzazione per gli elementi software distribuiti
  - i sistemi distribuiti possono offrire numerosi benefici – ma possono anche sollevare diversi inconvenienti
    - la sfida è cercare di ottenere i possibili benefici, minimizzando gli inconvenienti



# Benefici della distribuzione

- ☺ Connettività e collaborazione
  - possibilità di condividere risorse hardware e software
- ☺ Tolleranza ai guasti
- ☺ Prestazioni e scalabilità
- ☺ Sistemi inerentemente distribuiti
- ☺ Apertura
- ☺ Economicità
  - i sistemi distribuiti offrono, in genere, un rapporto qualità/prezzo migliore rispetto ai sistemi centralizzati

# Svantaggi legati alla distribuzione

- ☹ Complessità
- ☹ Sicurezza
- ☹ Non prevedibilità
- ☹ Gestibilità
- ☹ Complessità accidentale
  - introdotta dall'uso di strumenti di sviluppo non opportuni
- ☹ Metodi e tecniche non adeguati
- ☹ Continua re-invenzione e riscoperta di concetti e soluzioni



# Ipotesi errate comuni sui sistemi distribuiti

- Un esempio di "complessità accidentale" – 8 ipotesi errate comuni sui sistemi distribuiti identificate da Peter Deutsch

1. la rete è affidabile
2. la latenza è zero
3. la banda a disposizione è infinita
4. la rete è sicura
5. la topologia della rete non cambia
6. c'è un amministratore (che risolve tutti i problemi della rete)
7. il costo di trasporto è zero
8. la rete è omogenea

# - Sistemi centrali e virtualizzazione

- La tecnologia dei *sistemi centrali* (o *mainframe*) è ancora attuale e in continua evoluzione
  - è una tecnologia "ricca di funzionalità sempre più avanzate e di innovazioni tecniche via via più sofisticate"
  - "oggi i mainframe sono presenti e hanno un ruolo insostituibile in tutto il mondo nelle infrastrutture informatiche di importanti aziende, società di servizi pubbliche e private e grandi istituzioni nazionali ed internazionali"
- La *virtualizzazione* è una tecnologia importante oggi nel contesto dei sistemi software, soprattutto distribuiti
  - la virtualizzazione di sistema consente a uno o più computer fisici di ospitare più macchine (computer) virtuali
  - nei sistemi software distribuiti, i nodi possono essere costituiti da macchine fisiche o anche virtuali



# * Connettori

- Nell'architettura di un sistema software è possibile distinguere due tipi principali di elementi software
  - *componenti* – responsabili di *funzionalità* e di *dati*/*informazioni*
  - *connettori* – responsabili delle *interazioni* tra componenti
- Questa distinzione ha un ruolo fondamentale, soprattutto nei sistemi distribuiti
  - riflette l'indipendenza tra gli aspetti funzionali e quelli relativi alle interazioni

# Componenti e connettori – esempi

- Alcune possibili tipologie di componenti e connettori
  - componenti: moduli
  - connettore: una chiamata di procedura tra moduli
  - componenti: processi
  - connettori: una chiamata di procedura remota, una pipe, o un protocollo che regola lo scambio di messaggi tra processi
  - componenti: un processo e una base di dati
  - connettore: l'accesso alla base di dati da parte del processo



# Componenti e connettori

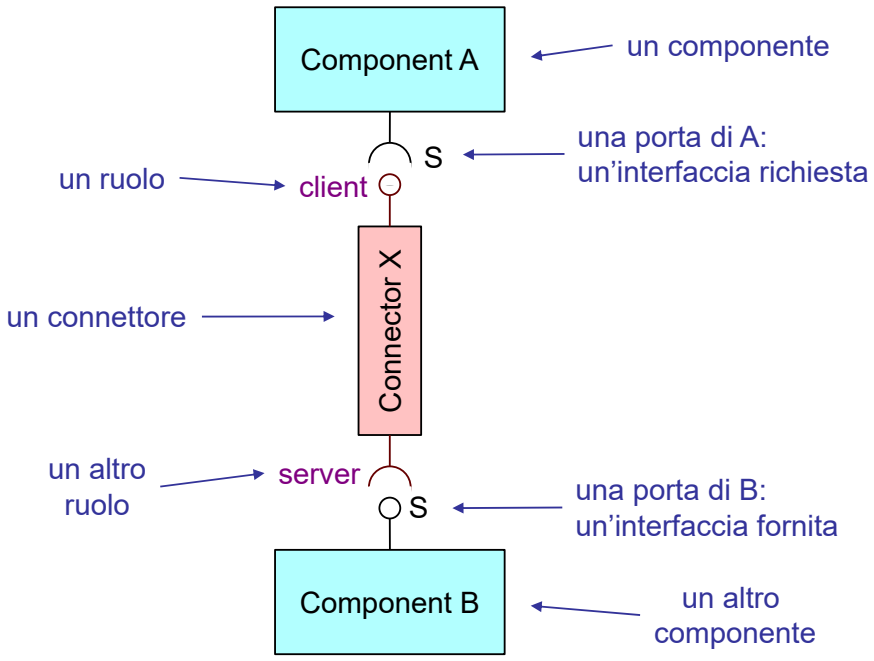
- I *componenti* [Shaw] sono il luogo della computazione e dello stato
  - ogni componente ha una *specifica di interfaccia* che definisce le sue proprietà (funzionali e di qualità)
  - ogni componente è di un qualche tipo – ad es., filtro, server, memoria, ...
  - l'interfaccia di un componente comprende la specifica dei "ruoli" che il componente può rivestire nell'interazione con altri componenti – ad es., l'essere il client o il server di un certo servizio
    - questi "ruoli" sono chiamati *porte*

# Componenti e connettori

- I *connettori* [Shaw] sono il luogo delle relazioni tra componenti
  - i connettori sono mediatori di interazioni
  - ogni connettore ha una *specifica di protocollo* che definisce le sue proprietà
    - ad es., regole sul tipo di interfacce che il connettore è in grado di mediare e impegni sulle proprietà dell'interazione (come sicurezza, affidabilità e prestazioni)
  - ogni connettore è di un qualche tipo – ad es., chiamata di procedura remota, pipe, evento, broadcast, ...
  - il protocollo di un connettore comprende la specifica dei *ruoli* (*role*) che devono essere soddisfatti – ad es., client e server
  - la composizione dei componenti avviene mettendo in relazione porte di componenti con ruoli di connettori



# Componenti e connettori



# Connettori

- Ci sono diversi motivi per trattare i connettori separatamente dai componenti [Shaw]
  - la distinzione tra componenti e connettori è un'applicazione del principio di separazione degli interessi
  - la scelta e la progettazione dei connettori (delle interazioni) è importante tanto quanto quella dei componenti
    - alcune scelte architetturali non hanno una collocazione naturale in nessuno dei componenti di un sistema
  - la progettazione dei connettori può essere fatta separatamente da quella dei componenti
  - i connettori sono spesso indipendenti dalle applicazioni – sono potenzialmente astratti e riutilizzabili in più contesti
    - questo ha portato allo sviluppo di numerosi servizi di middleware



# - Ulteriori caratteristiche dei connettori

- [Taylor] descrive delle ulteriori caratteristiche dei connettori e ne fornisce una classificazione
  - le caratteristiche fondamentali di un connettore sono le modalità di gestione del *flusso di controllo* e di gestione del *flusso di dati* tra due o più componenti

# Ruoli dei connettori

- Ciascun connettore può rivestire uno o più dei seguenti *ruoli* (da non confondere con i “ruoli” di [Shaw])
  - *comunicazione* – trasferimento di dati tra componenti
  - *coordinamento* – relativo al trasferimento del controllo tra componenti
  - *facilitazione* – per mediare l’interazione tra componenti
  - *conversione* – di formati e di interazioni



# Tipologie di connettori

- Le tipologie principali di connettori
  - *chiamata di procedura*
    - può essere locale o remota, sincrona o asincrona
  - *eventi* o *messaggi*
    - per consentire la notifica di eventi o lo scambio di messaggi tra componenti, e abilitarne la successiva elaborazione
    - a-uno oppure a-molti, basata su polling (sincrono) o sottoscrizione (asincrona), con diversi livelli di affidabilità

# Tipologie di connettori

- Ulteriori tipologie di connettori
  - connettori per l'*accesso ai dati*
  - connettori per *stream* – per trasmettere grandi quantità di dati tra componenti
  - connettori di *collegamento* (binding)
  - *arbitri* – facilitatori per risolvere possibili conflitti nell'interazione tra componenti
  - *adattatori* – per consentire la comunicazione tra componenti che non sono stati progettati per interoperare direttamente
  - *distributori* – per effettuare il routing dei dati e del controllo

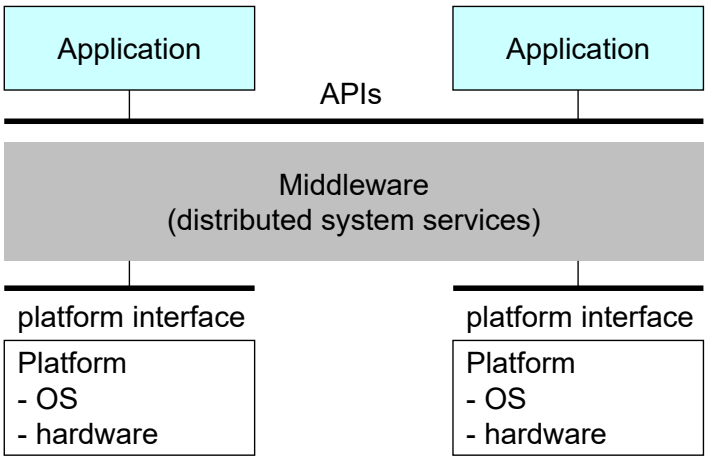


# * Middleware

- Lo sviluppo dei sistemi software distribuiti è sostenuto, in pratica, dal *middleware*
  - un insieme di tecnologie e soluzioni software sviluppate per aiutare gli sviluppatori nella gestione della complessità e della eterogeneità presenti nei sistemi distribuiti
  - uno strato software "in mezzo", che supporta lo sviluppo dei connettori

# Middleware

- Un **servizio di middleware** è [Bernstein]
  - un servizio distribuito, general-purpose e multi-piattaforma
  - che si colloca tra piattaforme e applicazioni
  - fornisce un'astrazione di programmazione distribuita
  - per aiutare a risolvere problemi di eterogeneità e distribuzione






# Middleware e connettori

- Il middleware sostiene lo sviluppo dei sistemi distribuiti
  - i servizi di middleware facilitano lo sviluppo dei connettori richiesti dalle applicazioni distribuite
  - ci sono diverse famiglie o tecnologie di middleware – ciascuna tecnologia implementa uno o più paradigmi di interazione e comunicazione distribuita
  - ogni servizio di middleware affronta e risolve alcuni problemi comuni nei sistemi distribuiti

# Tecnologie di middleware

- Ci sono diverse famiglie di tecnologie di middleware – ad esempio
  - middleware per chiamate di procedure remote (RPC, remote procedure call)
  - middleware per oggetti distribuiti (RMI, remote method invocation)
  - middleware per la comunicazione asincrona (message broker)
  - middleware per componenti distribuiti
  - middleware orientato ai servizi
  - *... in continua evoluzione ...*



# Middleware e trasparenza

- Ogni servizio di middleware affronta e risolve alcuni problemi comuni nei sistemi distribuiti
  - spesso consentono di mascherare qualche tipo di eterogeneità che può essere presente nei sistemi distribuiti
    - ad es., nelle reti e nell'hardware, nei sistemi operativi e/o nei linguaggi di programmazione
  - le astrazioni di programmazione offerte dal middleware possono fornire trasparenza rispetto ad aspetti come posizione, concorrenza, replicazione, fallimenti e mobilità
  - in alternativa, il programmatore dovrebbe farsi esplicitamente carico di questi aspetti

# Uso efficace del middleware

- Uso efficace del middleware
  - se utilizzato in modo opportuno, il middleware consente di affrontare e risolvere diverse problematiche significative nello sviluppo dei sistemi distribuiti
  - consente di concentrarsi sullo sviluppo dei componenti e della logica di business
  - per aumentare effettivamente la produttività, il middleware deve essere selezionato e utilizzato in modo corretto
  - malgrado i molti benefici offerti dal middleware, il middleware non è una panacea per i sistemi distribuiti – non risolve "magicamente" i problemi derivanti da decisioni di progetto povere



# Sviluppo del middleware

- Sviluppare middleware per la comunicazione nei sistemi distribuiti è un'attività complessa
  - fortunatamente, sono disponibili un'ampia varietà di servizi di middleware, standard e commerciali, già usati con successo in moltissimi sistemi distribuiti
  - solo raramente c'è la necessità di progettare e implementare nuovi stili o paradigmi di interazione distribuita

# Middleware e pattern architetturali

- Relazioni tra servizi di middleware e pattern architetturali
  - l'applicazione di alcuni pattern architetturali è sostenuta, dal punto di vista tecnologico, da opportuni servizi di middleware
  - altri pattern architetturali, invece, descrivono l'architettura (dell'infrastruttura) di alcuni servizi di middleware
  - è utile conoscere e comprendere queste relazioni



# * Stili di comunicazione e pattern architetturali POSA

- Le tecnologie di middleware sostengono pochi stili di comunicazione distribuita
  - due stili fondamentali di comunicazione sono
    - *invocazione remota*
    - *comunicazione asincrona*
  - esistono anche altre tipologie di connettori e stili di comunicazione – ad es., le basi di dati condivise e lo streaming di dati
    - in questo corso ci concentriamo soprattutto sui due stili di comunicazione principali

# Stili di comunicazione e pattern architetturali POSA

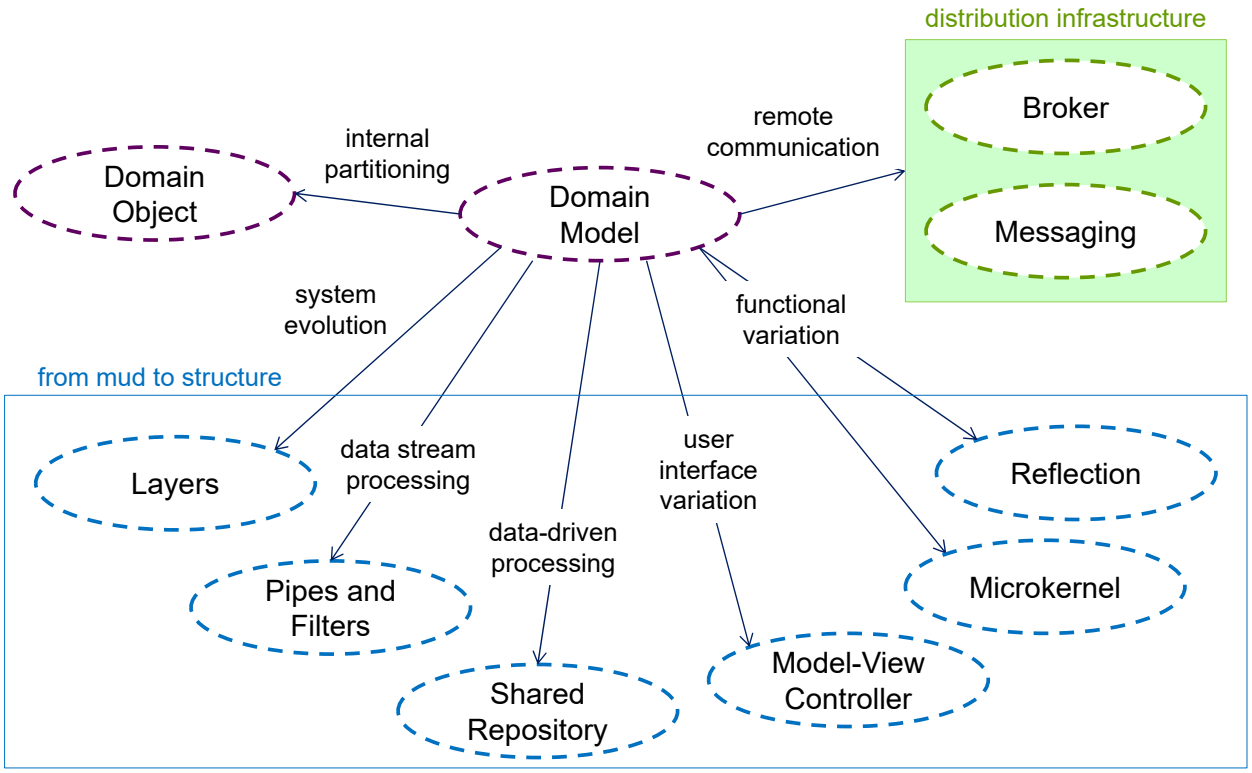
- I due stili di comunicazione principali sono rappresentati da due (anzi tre) pattern architetturali [POSA] fondamentali
  - invocazione remota – *Broker* [POSA]
  - comunicazione asincrona – *Messaging* [POSA4] e *Publisher-Subscriber* [POSA4]
- Una precisazione
  - per semplicità, ignoriamo la distinzione tra *Messaging* e *Publisher-Subscriber* – e consideriamo questi due pattern come un singolo pattern architetturale (che li generalizza) e lo chiamiamo (un po' impropriamente) *Messaging*



# Stili di comunicazione e pattern architetturali POSA

- *Broker* [POSA]
  - organizza il sistema distribuito in un insieme di componenti che interagiscono sulla base di invocazioni remote
- *Messaging* [POSA4]
  - organizza il sistema in componenti che interagiscono sulla base dello scambio di messaggi, in modo asincrono

# Stili di comunicazione e pattern architetturali POSA






# * Discussione

- Abbiamo introdotto brevemente
  - i sistemi distribuiti – con i benefici e i rischi associati, e la sfida posta dalla distribuzione
  - i connettori – gli elementi architetturali che consentono la comunicazione tra i componenti software nei sistemi distribuiti
  - il middleware – che semplifica lo sviluppo dei connettori nei sistemi distribuiti, sulla base di opportune astrazioni di programmazione distribuite, che affronta e risolve alcuni problemi comuni nei sistemi distribuiti
  - due stili principali di comunicazione distribuita – nonché i pattern architetturali che li supportano
- Questi argomenti verranno ripresi e discussi nel seguito del corso
  - questa parte del corso presenta anche alcuni pattern architetturali fondamentali per sistemi distribuiti