Luca Cabibbo

Architettura dei Sistemi Software

Architettura del software: definizione e concetti

dispensa asw120

ottobre 2022

Architecture is about the important stuff... whatever that is.

Ralph Johnson

- Riferimenti

- Luca Cabibbo. **Architettura del Software**: Strutture e Qualità. Edizioni Efesto, 2021.
  - Capitolo 2, Architettura del software: definizione e concetti
- [SAP] Len Bass, Paul Clements, Rick Kazman. **Software Architecture in Practice**. Addison Wesley, fourth edition, 2022
- [SSA] Nick Rozanski, Eoin Woods. **Software Systems Architecture**: Working with Stakeholders Using Viewpoints and Perspectives. Addison Wesley, second edition, 2012
- Perry, D.E. and Wolf, A.L. Foundations for the Study of Software Architecture. ACM Software Engineering Notes, 1992.
- ISO/IEC/IEEE 42010:2011. Systems and Software Engineering – Architecture Description. 2011.
- Conway, M. E. How do committees invent? Datamation, 1968.

- Obiettivi e argomenti

- Obiettivi
  - introdurre i concetti fondamentali dell'architettura del software
- Argomenti
  - architettura del software – definizioni preliminari
  - architettura del software – definizione e concetti
  - ulteriori concetti
  - discussione

* Architettura del software – definizioni preliminari

- L'architettura del software riguarda le strutture e le qualità dei sistemi software
  - ma come definire l'"architettura del software"?
- Il sito del SEI (Software Engineering Institute@Carnegie Mellon) elenca diverse dozzine di definizioni del termine *software architecture* – *architettura del software* o *architettura software*
  - http://www.sei.cmu.edu/architecture/start/glossary/index.cfm
  - ne presentiamo ora più di una, per enfatizzare diversi aspetti salienti dell'architettura del software

Software architecture – alcune definizioni

- Taylor, Medvidovic, and Dashofy
  - a **software system's architecture** is the set of principal design decisions made about the system
  - design decisions encompass every facet of the system
  - "principal" implies a degree of importance that grants a design decision "architectural status" – it implies that not all design decisions are architectural
- Grady Booch
  - **architecture** represents the significant design decisions that shape a system – where "significant" is measured by cost of change
- Eoin Woods
  - **software architecture** is the set of design decisions which, if made incorrectly, may cause your project to be cancelled

Software architecture – alcune definizioni

- [Perry and Wolf, 1992]
  - **software architecture** = { *elements*, *form*, *rationale* }
  - un'architettura software è
    - un insieme di *elementi* architetturali – di tre tipi

Elementi SOFTWARE

Nella definizione moderna queste saranno le componenti

es. base di dati

- *data elements* – contengono le informazioni da gestire

Elementi di elaborazione

implementano funzionalità sui dati

- *processing elements* – implementano le funzionalità e le trasformazioni desiderate

es. i client fanno richieste ai server

Elementi di interesse del corso

determinano le QUALITÀ del sistema. Cambiando le connessioni cambia il sistema. Es. pallanuoto e pallamano → cambia il campo → cambia il gioco anche se molte regole sono uguali

- *connecting elements* – il collante che tiene insieme i diversi pezzi dell'architettura

ad es arch. a strati: gli strati alti parlano con quelli bassi ma non viceversa

i client parlano con i server e il viceversa no

- utilizzati secondo una particolare *forma* (nel senso di organizzazione, strutturazione)
- insieme a una *giustificazione logica* che ha lo scopo di cogliere e rendere esplicita la motivazione per la scelta degli elementi e della forma

Software architecture – alcune definizioni

- [SAP] → def. moderna a cui ci riferiamo
  - the **software architecture** of a system is the set of structures needed to reason about the system; these structures comprise software elements, relations among them, and properties of both

qui apparentemente non si parla di qualità ma il ragionare sulle cose è collegato alla qualità

Software architecture – alcune definizioni

- [ISO-42010], adottata anche da [SSA]
  - **architecture** – the fundamental concepts or properties of a system in its environment, embodied in its elements, relationships, and in the principles of its design and evolution
- [Boehm et al., 1995]
  - **a software system architecture** comprises
    - a collection of software and system components, connections, and constraints
    - a collection of system stakeholders' need statements
    - a rationale which demonstrates that the components, connections, and constraints define a system that, if implemented, would satisfy the collection of system stakeholders' need statements

qualcuno ricorda le QUALITÀ

* Architettura del software – definizione e concetti

- Facciamo riferimento principalmente alla definizione di [SAP]
  - nella definizione, *sistema* va inteso come *sistema software* – o *sistema software intensive*
    - un sistema in cui il software ha un ruolo essenziale nella progettazione, costruzione, rilascio ed evoluzione del sistema nel suo complesso
- L'**architettura software** di un sistema è l'insieme delle strutture del sistema, necessarie per ragionare su di esso, che comprendono elementi software, le relazioni tra di essi, e le loro proprietà

- Elementi

- *L'architettura software di un sistema è l'insieme delle strutture del sistema, necessarie per ragionare su di esso, che comprendono elementi software, le relazioni tra di essi, e le loro proprietà*

Elementi

- Un'architettura software comprende/definisce/è composta da un insieme di **elementi**
  - l'alternativa è un sistema monolitico – con tutti i suoi inconvenienti
  - un'architettura è un'astrazione del sistema – che enfatizza gli elementi del sistema e le loro relazioni
    - un *elemento architetturale* (*elemento*) è una "parte" fondamentale che costituisce un sistema
    - gli elementi possono essere di varia natura e di diversi tipi
    - *elementi software* – ad es., un modulo, un processo, un componente software, un servizio, una base di dati, …
    - *elementi non software* – ad es., un'unità di deployment fisica o virtuale, un team di sviluppo, ...

Caratteristiche degli elementi software

- Caratteristiche rilevanti di un *elemento software*
  - un insieme ben definito di *responsabilità* – con un *confine* (o *portata*) ben definito
    - quello che l'elemento fa e come lo fa
  - un'*interfaccia* (o un insieme di *interfacce*) ben definita
    - i *servizi* che l'elemento fornisce (oppure richiede) agli altri elementi
  - il livello di *qualità* con cui ciascun servizio viene fornito

Componenti e connettori

- È comune distinguere tra due tipi principali di elementi software
  - *componenti* – responsabili dell'implementazione di *funzionalità* e della gestione di *dati* (responsabilità di business)
  - *connettori* – responsabili delle *interazioni* tra componenti (responsabilità infrastrutturali)
  - ci sono buoni motivi per trattare separatamente i connettori dai componenti – lo capiremo meglio nel seguito del corso
  - in alcune architetture, componenti e connettori sono elementi architetturali di "primo livello" – in altre architetture, più moderne, ci sono elementi software di "primo livello" che sono internamente decomposti in componenti e connettori, che sono dunque elementi architetturali di "secondo livello"
    - in ogni caso, la distinzione tra componenti e connettori è in genere rilevante

- Strutture

- *L'architettura software di un sistema è l'insieme delle strutture del sistema, necessarie per ragionare su di esso, che comprendono elementi software, le relazioni tra di essi, e le loro proprietà*

Strutture

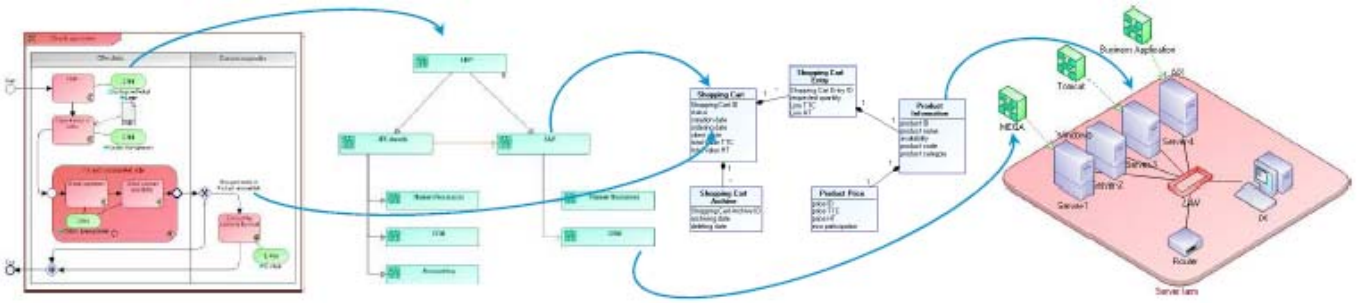
- Due nozioni distinte ma correlate: struttura e vista
  - una **struttura** comprende un insieme di *elementi* e di *relazioni* tra questi elementi
  - una **vista** è la *descrizione* di una struttura – ovvero, un *modello* che descrive gli elementi della struttura e le loro relazioni
    - ad es., un diagramma di (UML) – package, componenti, interazione, di deployment, …
- I termini *struttura* e *vista* vengono però usati spesso in pratica in modo intercambiabile ma non è corretto

Strutture

- Un'architettura comprende di solito *più strutture*
  - ad esempio
    - una struttura statica → e' insieme dei moduli e' una struttura statica
    - una struttura dinamica → quando eseguo i moduli ho un insieme di processi che è una struttura dinamica
    - una struttura di deployment → e ho perso Riguarda l'utilizzazione, l'hardware e come i processi sono legati all'hardware
    - una struttura di sviluppo → riguarda le relazione fra moduli e team di sviluppo
  - alcune strutture comprendono solo elementi software, mentre altre strutture comprendono sia elementi software che elementi non software

Strutture

- Un'architettura comprende di solito *più strutture*

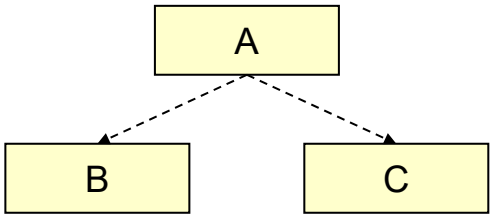


Strutture

- Un'architettura comprende di solito *più strutture* (e non una sola)
  - una singola struttura non è in grado di descrivere, in modo completo, l'intera architettura di un sistema complesso
  - ciascuna struttura comprende solo alcuni elementi (e solo di alcuni tipi di elementi) e ne definisce un particolare arrangiamento
  - strutture diverse comunicano informazioni differenti
  - ciascuna struttura affronta aspetti o interessi diversi

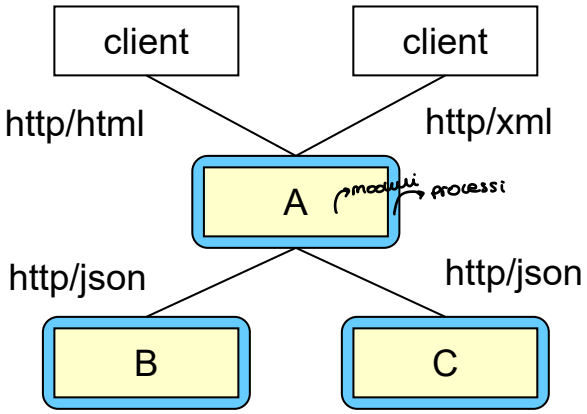
- Esempio

- Consideriamo una semplice applicazione web composta da tre moduli A, B e C



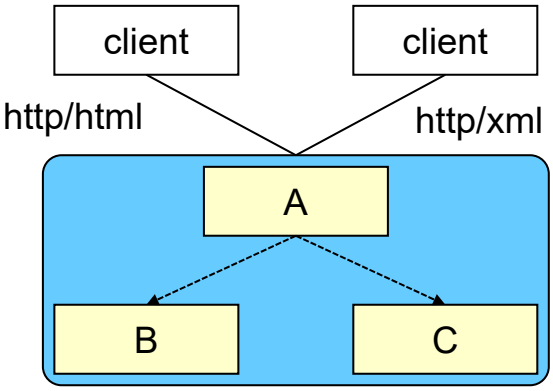
Esempio

- L'applicazione web è organizzata in più *processi* separati – che comunicano in vari modi



Esempio

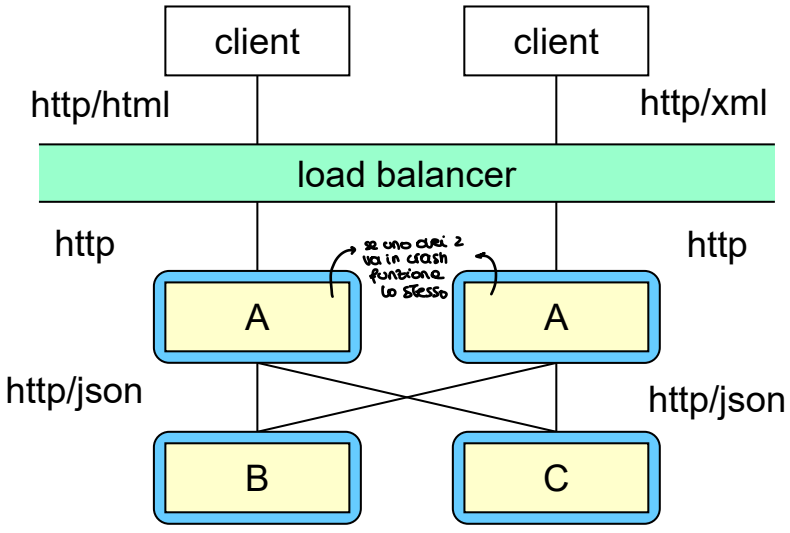
- L'applicazione web è organizzata in più *processi* separati – che comunicano in vari modi



Qui A,B,C vivono nello stesso modulo

Esempio

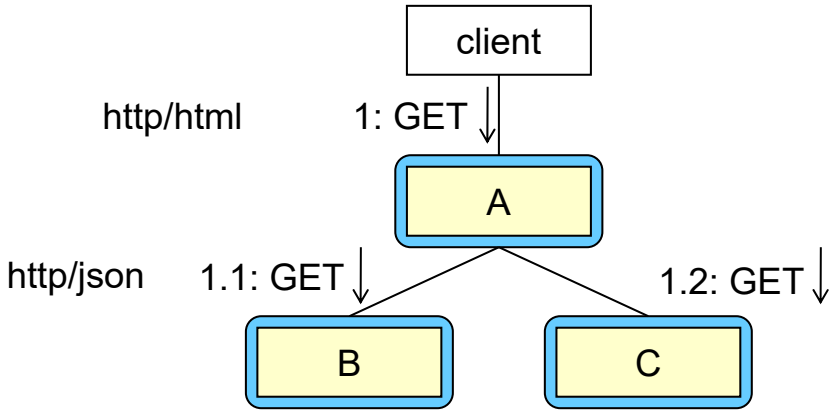
- L'applicazione web è organizzata in più *processi* separati – che comunicano in vari modi



Il fatto che processi vivano su moduli separati rende possibile replicare lo stesso modulo su processi diversi (es dallo stesso modulo A genero due processi paralleli)

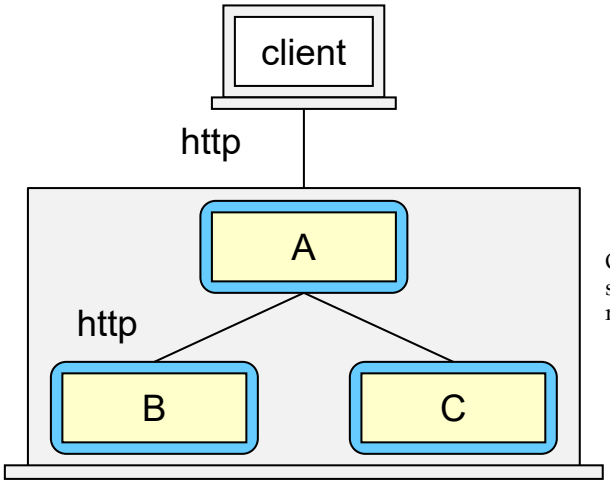
Esempio

- Un possibile scenario nell'esecuzione dell'applicazione web
  - come viene gestita una richiesta da parte di un client?



Esempio

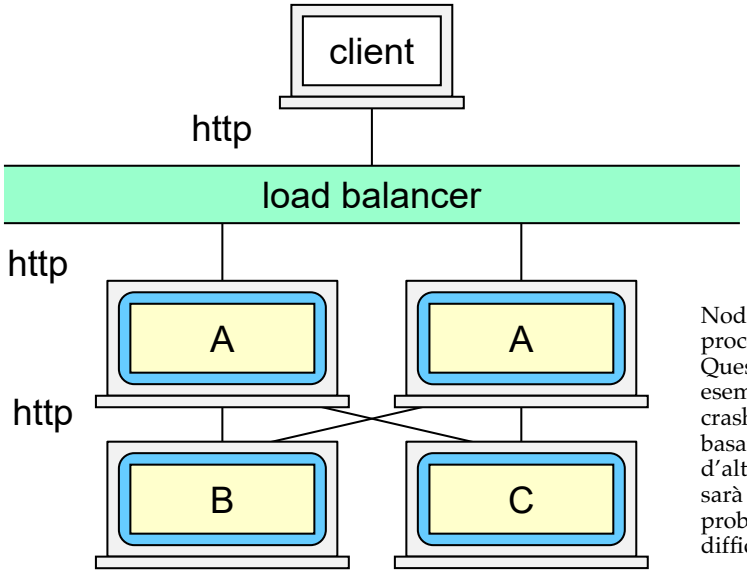
- Una possibile struttura di deployment – in cui i processi sono distribuiti sui *nodi* di elaborazione



Qui tutti i processi sono deployati sullo stesso nodo. Questa soluzione non permette scalabilità

Esempio

- Un'altra possibile struttura di deployment – i processi sono distribuiti sui *nodi* di elaborazione in modo differente



Nodi diversi, alcuni processi sono duplicati. Questo sistema per esempio può sostenere il crash di un processo basato sul modulo A; d'altra parte ovviamente sarà più costoso e probabilmente più difficile da realizzare

- Relazioni

- *L'architettura software di un sistema è l'insieme delle strutture del sistema, necessarie per ragionare su di esso, che comprendono elementi software, le relazioni tra di essi, e le loro proprietà*

Relazioni

- Relazioni di interesse in un'architettura
  I connettori sono elementi software che implementano relazioni tra altri componenti
  - i connettori (sono un tipo di elementi software) hanno lo scopo di descrivere le interazioni (sono un tipo di relazione) tra componenti software (sono elementi software)
  - una vista/struttura comprende sempre le relazioni tra gli elementi che vi compaiono
  - relazioni tra strutture, ovvero tra elementi presenti in strutture diverse (comprese le relazioni tra elementi di natura diversa)

- Proprietà

- *L'architettura software di un sistema è l'insieme delle strutture del sistema, necessarie per ragionare su di esso, che comprendono elementi software, le relazioni tra di essi, e le loro proprietà*

Ogni elemento espone delle qualità visibili esternamente (non tutte le sue proprietà, ci sono proprietà interne che non devono interessare l'esterno) tramite la interfaccia.

Proprietà

- L'architettura del software è interessata non solo agli elementi – ma anche alle relazioni/interazioni/collaborazioni tra gli elementi
  - queste collaborazioni sono basate esclusivamente sul comportamento *all'interfaccia* degli elementi – ovvero sulle loro "proprietà" (che sono visibili esternamente dagli elementi)
- Le **proprietà** sono le ipotesi che ciascun elemento può fare circa gli altri elementi
  - due tipologie di proprietà degli elementi software
    - il *comportamento* (*funzionalità*), che definisce le interazioni funzionali tra un elemento software e il suo ambiente
    - le *proprietà di qualità* (*qualità*), ovvero le proprietà non funzionali di un elemento che sono percepite dagli altri elementi
  - queste proprietà possono essere relative sia ai componenti che ai connettori

- Ragionare sul sistema = QUALITÀ

- *L'architettura software di un sistema è l'insieme delle strutture del sistema, necessarie per ragionare su di esso, che comprendono elementi software, le relazioni tra di essi, e le loro proprietà*

Ragionare, fare ragionamenti, fare scelte, giustificazione logica

Ragionare sul sistema

- Abbiamo parlato delle proprietà degli elementi interni di un sistema
  - ma quello che interessa davvero sono soprattutto le *proprietà complessive del sistema*

    Non le proprietà dei singoli elementi, perché l'utente vede e usa l'intero sistema senza vedere come è fatto dentro
  - l'architettura del software è interessata a comprendere come gli elementi interni del sistema, con certe loro proprietà e sulla base di una certa organizzazione interna (le strutture), contribuiscono alle proprietà (complessive, esterne) dell'intero sistema

Organizzazione interna e proprietà esterne

- Relazione tra organizzazione interna e proprietà esterne
  - il *comportamento complessivo* di un sistema è determinato dal comportamento funzionale combinato dei suoi elementi interni

    io faccio questo, tu quello, insieme facciamo questo e quello
  - anche le *qualità complessive* di un sistema derivano dalle qualità dei suoi elementi interni

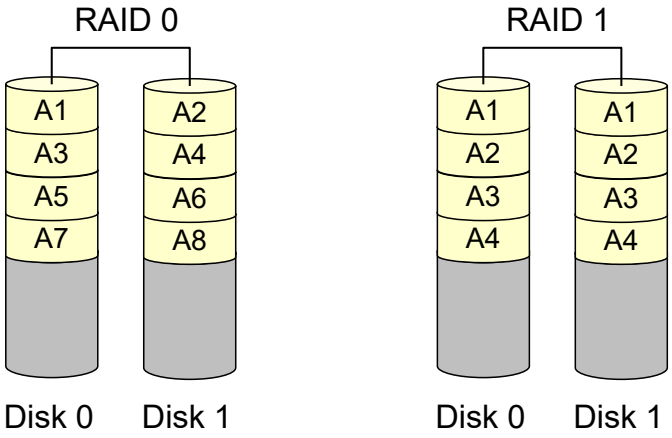
    Qualità complessiva = qualità unitaria peggiore

    se il sistema è progettato male la qualità è quella dell'elem. peggiore es. ruote della panda sulla ferrari
  - spesso, uno stesso insieme di elementi può essere organizzato in modi diversi (eventualmente aggiungendo qualche elemento e/o cambiando le relazioni tra elementi) – e dar luogo a un sostegno differente alle qualità del sistema

a parità di componenti, cambiando connettori modifico le qualità.

Organizzazione interna e proprietà esterne

- Esulando un momento dal software, pensiamo alle configurazioni RAID per i dischi
  - le configurazioni RAID sono ottenute dagli stessi elementi – un certo numero di dischi e un controller RAID
  - configurazioni diverse danno luogo a qualità esterne diverse



Organizzazione interna e proprietà esterne

- Anche nei sistemi software sussistono relazioni significative tra organizzazione interna e proprietà esterne dei sistemi software
  - ecco alcune intuizioni
  - se il sistema richiede tolleranza ai guasti, allora gli elementi che possono guastarsi vanno replicati
  - se la modificabilità del sistema è importante, allora le responsabilità vanno assegnate agli elementi in modo tale che ciascun cambiamento atteso abbia effetto su uno o pochi elementi
  - se il sistema deve essere altamente sicuro, allora la comunicazione tra gli elementi va gestita e protetta opportunamente
  - se sono importanti le prestazioni e la scalabilità, allora il lavoro da svolgere va decomposto tra più elementi, eventualmente replicati

Architettura del software

- La disciplina dell'architettura del software
  - ha come obiettivo fondamentale lo studio e la comprensione delle relazioni tra le strutture interne e le qualità esterne dei sistemi software – e, più in generale, dell'impatto delle decisioni di progetto sulle qualità complessive di un sistema software
  - questa comprensione può essere usata
    - per guidare attivamente la progettazione di un'architettura, perseguendo un certo insieme di obiettivi di qualità
    - più in generale, per guidare l'analisi, la progettazione, la valutazione e l'evoluzione dei sistemi software complessi

- Ulteriori osservazioni

- [ISO-42010] adottata anche da [SSA]
  - **architecture** – the fundamental concepts or properties of a system in its environment, embodied in its elements, relationships, and in the principles of its design and evolution
- [Boehm et al., 1995]
  - **a software system architecture** comprises
    - a collection of software and system components, connections, and constraints
    - a collection of system stakeholders' need statements
    - a rationale which demonstrates that the components, connections, and constraints define a system that, if implemented, would satisfy the collection of system stakeholders' need statements

Ulteriori osservazioni

- Non tutte le architetture sono buone architetture
  - la definizione di architettura software non distingue tra architetture buone e non buone
  - è importante anche saper valutare le architetture
- Ogni sistema software ha un'architettura
  - anche se questa non è stata documentata
  - in alcuni casi, l'architettura effettiva di un sistema è diversa da quella che è stata documentata
  - questi sono di solito dei cattivi indicatori – a cui si può ovviare mediante un'attività di ricostruzione dell'architettura

* Ulteriori concetti

- È utile introdurre brevemente degli ulteriori concetti correlati all'architettura del software
  - parti interessate
  - interessi
  - architetturalmente significativo
  - processo di definizione dell'architettura
  - qualità e compromessi
  - descrizioni architetturali
  - l'architetto e il suo ruolo
  - team
  - legge di Conway (Conway's Law)

- Parti interessate

→ vanno considerate nelle decisioni di progetto

- Ogni sistema software viene realizzato per soddisfare gli interessi di un certo numero di parti interessate
  - una **parte interessata** (**stakeholder**, "portatore di interessi") è un individuo, un gruppo di persone o un'organizzazione che ha interessi nel sistema [ISO-42010, SSA]

chi paga, chi lo usa ecc..

  - le parti interessate sono importanti, perché
    - il sistema software viene creato solo per soddisfare i loro bisogni
    - solo loro possono definire il successo (o meno) del sistema

- Interessi

- Ogni sistema software viene realizzato per soddisfare gli interessi di un certo numero di parti interessate
  - un **interesse** (*concern*) su un sistema (o su un'architettura) è un requisito, un obiettivo, un vincolo, un'intenzione o un'aspirazione che una parte interessata ha per quel sistema (o architettura) [SSA]

es. interesse di vendere sia online che in store

Il requisito è un interesse specifico, poi man mano obiettivi, vincoli, intenzioni, aspirazioni sono meno impellenti

    - si tratta di una caratterizzazione piuttosto ampia
    - alcuni interessi sono specifici, non ambigui e misurabili – in tal caso vengono chiamati *requisiti*
    - l'architettura si dovrebbe concentrare soprattutto sugli interessi più rilevanti – e non solo sui requisiti più specifici

- Architetturalmente significativo

- In un sistema software, non tutti gli interessi e non tutte le decisioni di progetto sono ugualmente importanti per la sua architettura – alcuni sono più rilevanti, altri meno
  - l'architettura deve focalizzare l'attenzione su ciò che è significativo per l'architettura – ovvero, su ciò che viene detto "architetturalmente significativo"
  - un interesse, un requisito, un problema, un elemento del sistema o una decisione di progetto è **architetturalmente significativo/a** [SSA] se ha un impatto ampio sulle strutture del sistema oppure sulle sue qualità più importanti
  - un **requisito** è **architetturalmente significativo** [SAP] – **ASR**, *architetturally significant requirement* – se ha/avrà un effetto profondo sull'architettura

ASR se riguarda strutture o qualità

- Processo di definizione dell'architettura

Non è (solo) un processo di progettazione: in questo stadio le attività rilevanti non riguardano solo la progettazione ma anche l'analisi e la valutazione

- La *definizione dell'architettura* [SSA] è un processo con cui
  - vengono colti gli interessi e i bisogni delle parti interessate,
  - viene progettata un'architettura che soddisfa questi interessi,
  - e l'architettura viene descritta in modo chiaro e non ambiguo mediante una descrizione architetturale
- Non è solo progettazione
  - è un'attività a cavallo tra la comprensione degli interessi e la progettazione – che si influenzano reciprocamente
  - adotta un processo di natura iterativa
  - richiede di saper valutare l'architettura

-Qualità e compromessi

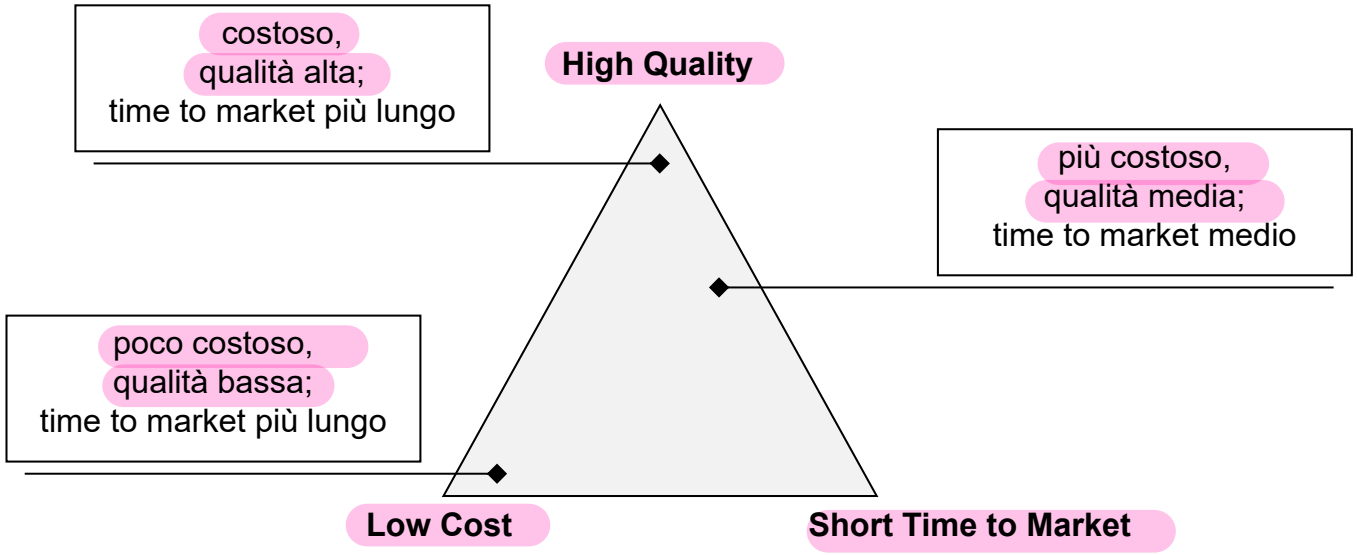
- Una fonte di complessità nella definizione dell'architettura è legata al fatto che alcuni interessi possono essere tra loro contrastanti
  - molte decisioni architetturali richiedono degli opportuni *compromessi* (*tradeoff*) nella gestione delle qualità
  - è comune che i requisiti di qualità vengano rinegoziati durante il processo di definizione dell'architettura

È tipico che il miglioramento di una qualità ne peggiori un'altra. Ad esempio per avere sicurezza cifro delle chiavi e quindi aumento la sicurezza ma peggioro le prestazioni a causa dell'incremento di necessità di calcolo per la decifratura. I compromessi sono indispensabili.

Qualità contrastanti e compromessi

- Il triangolo della qualità

Faster, better, cheaper – choose two
(you can't have all three at once)



- Descrizioni architetturali

- Un risultato del processo di definizione dell'architettura è una descrizione dell'architettura del sistema software
  - una *descrizione architetturale* è un insieme di prodotti che documentano un'architettura
    - un insieme di modelli architetturali (viste)
    - una descrizione degli interessi, dei vincoli, dei principi rilevanti e delle scelte di progettazione
    - una giustificazione logica dell'architettura
- Una buona descrizione architetturale
  - è la base per le decisioni iniziali di progetto e la loro analisi
  - sostiene la comunicazione con le parti interessate
  - è una guida per lo sviluppo e l'evoluzione del sistema

- L'architetto e il suo ruolo

- L'*architetto* è chi progetta, documenta e guida la costruzione di un sistema – in modo che esso soddisfi gli interessi di tutte le sue parti interessate [SSA]
  - un buon architetto deve saper

Capacità tecniche e capacità di comunicazione sono le due qualità fondamentali di un architetto

    - identificare le parti interessate e cogliere i loro interessi
    - operare ove necessario per riconciliare interessi contrastanti – mediante opportuni compromessi
    - prendere decisioni
    - comunicare le proprie decisioni alle parti interessate
    - promuovere un cambiamento architetturale, tecnologico, metodologico e culturale

- Team

- L'architettura è interessata anche alla gestione delle persone e dei team – gli elementi "umani" dell'architettura
  - sono di interesse soprattutto Dev e Ops
  - *Dev* (*development*) indica gli *sviluppatori* (*developer*) del software
  - *Ops* (*operations*) indica gli *operatori* (*operator*) o "amministratori" – che gestiscono l'ambiente di produzione e il rilascio del software in questo ambiente
    - il termine operations, praticamente privo di traduzione in italiano, si riferisce a tutte quelle funzioni nella messa a disposizione per il cliente di un certo prodotto o servizio [Wikipedia]

Gli operatori sono gli amministratori del sistema, sono responsabili di installare e rilasciare il sistema software e gli aggiornamenti del sistema software

Team

- Organizzazione dei team, assegnazione di lavoro ai team e coordinamento tra team sono parte dell'architettura
  - ci sono diverse modalità di organizzazione dei team di sviluppo
    - team mono-funzionali
    - team cross-funzionali

Sono dipendenti

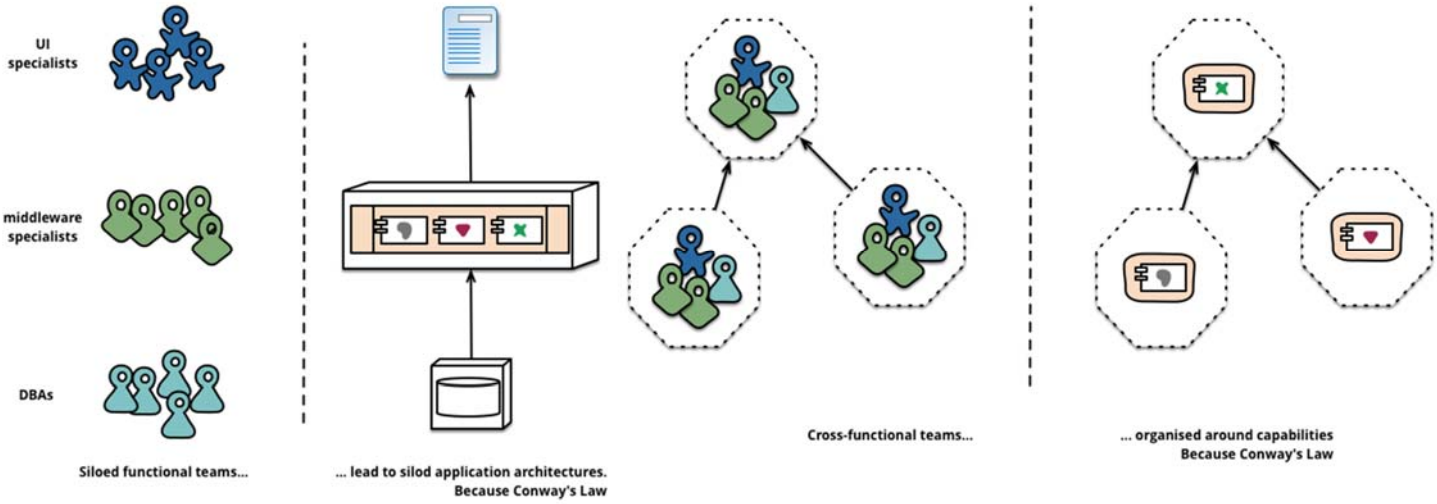
i team devono essere piccoli (5/9 persone)
↳ tutti esperti della stessa cosa

→ 1 esperto per cosa o persone con più competenze

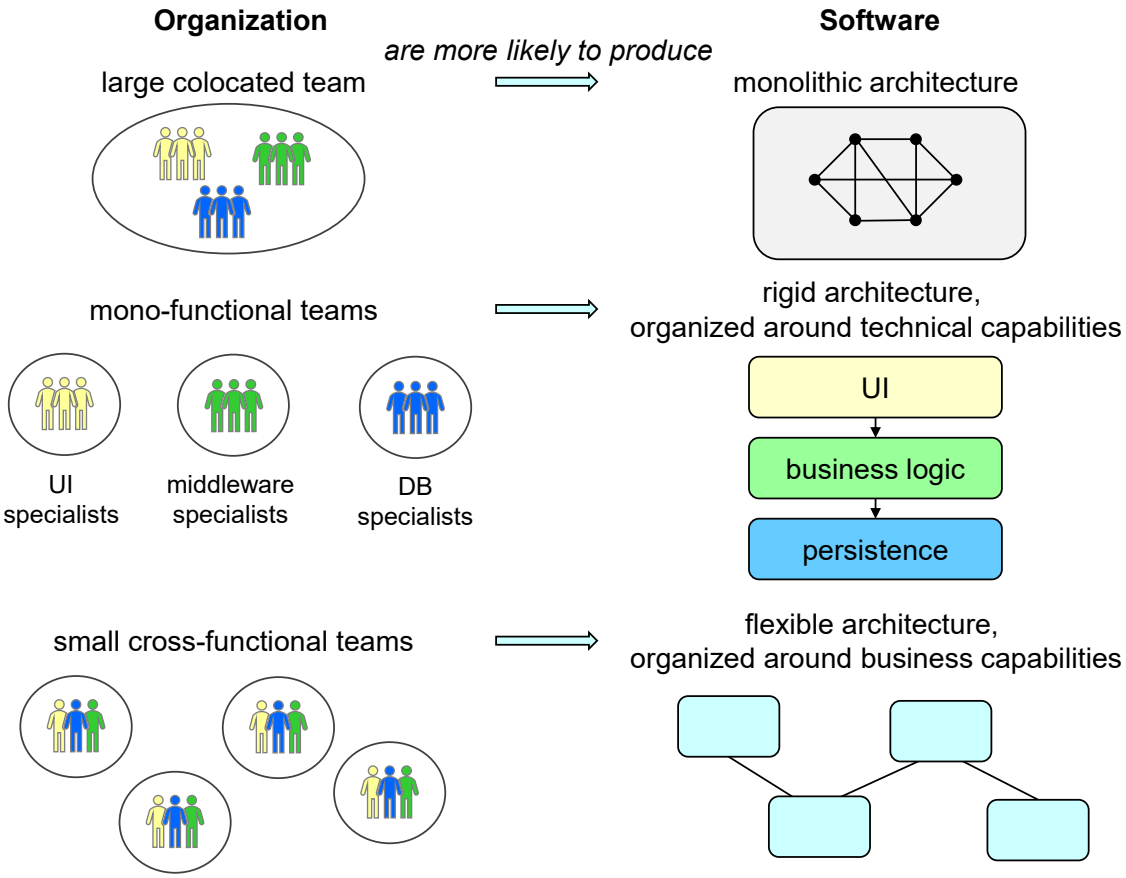
  - l'assegnazione di lavoro degli elementi software ai team deve essere coerente con l'organizzazione dei team
  - le dipendenze tra elementi software assegnati ai team costituiscono anche dipendenze tra team – poiché implicano delle necessità di coordinamento tra team
  - il costo e lo sforzo richiesti dal coordinamento inter-team è di solito (molto) più alto che nel coordinamento intra-team – pertanto, è in genere opportuno mantenere basso l'accoppiamento tra team

- Legge di Conway (Conway's Law)

- *Legge di Conway* (*Conway's Law*, 1968)
  - ogni organizzazione che progetta sistemi (in senso più generale che i soli sistemi software) produrrà inevitabilmente dei progetti la cui struttura è una copia della struttura di comunicazione dell'organizzazione



Legge di Conway (Conway's Law)



Legge di Conway (Conway's Law)

- Si tratta di una legge empirica, che è tornata recentemente di moda
  - il modo in cui un'organizzazione organizza i propri team per lo sviluppo del software ha un effetto significativo sul software che viene prodotto e sulla sua architettura – e dunque sulle qualità del software
  - c'è anche una legge "inversa" di Conway – la struttura dei team di un'organizzazione è determinata dall'architettura dei sistemi che produce
  - è bene cercare di usare la legge di Conway (e la sua inversa) a proprio vantaggio, per avere team che lavorino in modo indipendente tra di loro

* Discussione

- La seguente definizione – adattata da [McGovern, 2004] – riassume molti dei concetti presentati finora
  - the **software architecture** of a system consists of all the *important design decisions* about the software *structures* and *elements* and the *interactions* between those structures and elements that comprise the systems
  - the design decisions support a desired set of *qualities* that the system should support to be successful
  - the design decisions provide a conceptual basis for system development, support, and maintenance

Discussione

- Alcune attività legate all'architettura del software
  - comprensione degli interessi e dei requisiti
  - creazione/progettazione dell'architettura
  - descrizione dell'architettura
  - analisi e valutazione dell'architettura
  - comunicazione dell'architettura
  - implementazione del sistema – guidati dall'architettura
  - ricostruzione dell'architettura

Discussione

- Vantaggi nel progettare esplicitamente un'architettura software
  - controllare attributi di qualità – presto nel ciclo di vita del sistema
  - comprendere i compromessi tra qualità ed effettuare scelte di compromesso
  - avere una giustificazione logica per le scelte di progetto
  - ridurre la probabilità di fallimento del progetto
  - comunicare con tutte le parti interessate
  - ragionare sui cambiamenti e gestirli
  - predire e mitigare rischi
  - ...

Concetti e relazioni fondamentali