

Luca Cabibbo
Architettura
dei Sistemi
Software

Modificabilità

dispensa asw230
marzo 2021

*Everything changes
and nothing stands still.*
Heraclitus



- Riferimenti

- Luca Cabibbo. **Architettura del Software: Strutture e Qualità**. Edizioni Efestò, 2021.
 - Capitolo 9, **Modificabilità**
- Parnas, D.L. **On the Criteria To Be Used in Decomposing Systems into Modules**. Communications of the ACM. 1972.
- Bachmann, F., Bass, L., and Nord, R. **Modifiability Tactics**. Technical report CMU/SEI-2007-TR-002. 2007.
- Martin, R.C. and Martin, M. **Agile Principles, Patterns, and Practices in C#**. Prentice Hall, 2007.



- Obiettivi e argomenti

□ Obiettivi

- presentare la qualità della modificabilità
- illustrare alcune attività e tattiche per la progettazione per la modificabilità

□ Argomenti

- modificabilità
- progettare per la modificabilità
- discussione



* Modificabilità

□ **Modificabilità** (*modifiability*)

- la capacità del sistema di essere flessibile a fronte di cambiamenti inevitabili dopo il suo rilascio iniziale, in modo bilanciato rispetto ai costi di fornire tale flessibilità

□ La modificabilità

- riguarda i *cambiamenti* e il costo per realizzare tali cambiamenti
- misura la facilità con cui un sistema software può accomodare cambiamenti
- una qualità relativa all'*evoluzione* (*evolution*) del sistema
- la modificabilità è spesso importante – in alcuni sistemi è richiesta anche un'evoluzione continua



Modificabilità



- I cambiamenti del software sono ubiqui e comuni
 - possono riguardare diversi aspetti
 - possono avvenire in qualunque momento della vita di un sistema software – la modificabilità è interessata soprattutto ai cambiamenti che avverranno *dopo* che il sistema è stato rilasciato



Scenari di modificabilità

- Scenari (requisiti architetaturalmente significativi) di modificabilità
 - ciascuno è relativo a un (tipo di) ***cambiamento atteso***
 - deve essere relativo a un cambiamento rilevante – che va gestito in modo efficace per sostenere il business di un'organizzazione
 - uno scenario deve includere anche una specifica del costo previsto per effettuare la modifica richiesta
- È utile prendere in considerazione diverse domande
 - che cosa potrà cambiare?
 - quanto è importante il cambiamento? quanto è probabile?
 - quando sarà effettuato il cambiamento? chi lo effettuerà?
 - come viene misurato il costo del cambiamento?



Scenari di modificabilità

- Che cosa potrà cambiare?
 - ipotizziamo che l'unità di modifica sia una generica "responsabilità" – una *responsabilità* è un'azione, una decisione da prendere o una conoscenza da mantenere da parte di un sistema software o di un suo elemento
- Quanto è importante il cambiamento? Qual è la probabilità che il cambiamento venga effettivamente richiesto?
 - vanno identificati i cambiamenti più significativi e più probabili
- Quando sarà effettuato il cambiamento? Chi lo effettuerà?
 - i cambiamenti possono essere effettuati in momenti e modi diversi e da persone differenti – in particolare, dagli *sviluppatori* (Dev), dagli *operatori* (Ops) o dagli *utenti finali* del sistema
 - ci concentriamo soprattutto sui cambiamenti che devono essere effettuati dagli sviluppatori



Scenari di modificabilità

- Come viene misurato il costo del cambiamento?
 - il "costo" speso per un cambiamento comprende il *tempo* e il *costo* richiesto per *implementare*, *verificare* e *rilasciare* il cambiamento
 - ci concentriamo soprattutto sul costo per implementare un cambiamento (che deve essere effettuato dagli sviluppatori)
 - anche gli aspetti della verifica e del rilascio sono importanti – ma verranno trattati più avanti nel corso



- Considerazioni sulla modificabilità

- Contributi principali al **costo (atteso) richiesto per modificare una certa responsabilità R**
 - costo (atteso) della modifica relativa direttamente alla singola responsabilità R
 - nell'elemento E_R a cui è assegnata la responsabilità R
 - costo (atteso) della modifica di tutte le responsabilità R_i a cui la modifica va propagata
 - negli elementi che dipendono (direttamente o indirettamente) da E_R
 - questo costo va pesato rispetto alla probabilità che una modifica di R (in E_R) richieda anche una modifica di R_i (in E_{R_i})
 - costo della verifica della modifica
 - costo del rilascio della modifica



Modificabilità, accoppiamento e coesione

- La modificabilità di un sistema è correlata a misure/metriche come la coesione, l'accoppiamento e la dimensione degli elementi
 - la **coesione** è una misura della forza delle relazioni tra le responsabilità di uno specifico modulo
 - l'**accoppiamento** è una misura della forza delle dipendenze tra moduli
 - anche la **dimensione** di un modulo può avere impatto sul costo per modificare il modulo



Modificabilità, accoppiamento e coesione

- La modificabilità di un sistema è correlata a misure/metriche come la coesione, l'accoppiamento e la dimensione degli elementi
 - in prima approssimazione
 - il costo della modifica della responsabilità R nell'ambito dell'elemento E_R è commisurato (in modo inverso) alla coesione di E_R
 - il costo delle modifiche in altri elementi diversi da E_R è commisurato (in modo diretto) all'accoppiamento degli altri elementi software verso E_R
 - il costo della modifica di un elemento E è in genere commisurato (in modo inverso) anche alla dimensione di E
 - dunque, la coesione deve essere alta, l'accoppiamento deve essere basso e i moduli (abbastanza) piccoli



Forme di coesione

- Alcune possibili forme di coesione di un modulo – dalle più deboli (meno buone) alle più forti (più buone) (orientativamente)
 - coesione per pura coincidenza (cattiva!)
 - coesione temporale – gli elementi del modulo sono usati all'incirca nello stesso tempo
 - coesione logica – il modulo implementa delle funzionalità logicamente simili, ma implementate in modi indipendenti
 - coesione di comunicazione – gli elementi devono accedere agli stessi dati o dispositivi
 - coesione sequenziale – gli elementi del modulo sono usati in un ordine particolare
 - coesione funzionale – gli elementi contribuiscono a svolgere una singola funzione (forte!)
 - coesione dei dati – un modulo implementa un tipo di dato o una singola entità logica (forte!)



Forme di accoppiamento

- Alcune forme di accoppiamento tra moduli – dalle più forti (più cattive) alle più deboli (meno cattive) (orientativamente)
 - accoppiamento di dati interni – un modulo accede e modifica direttamente i dati di un altro modulo
 - accoppiamento mediante dati globali – due o più moduli condividono dati globali
 - accoppiamento di controllo – l'ordine in cui vanno eseguite le operazioni definite in un modulo è controllato altrove
 - accoppiamento per estensione – un modulo implementa un'interfaccia specificata da un altro modulo oppure estende le funzionalità di un altro modulo
 - accoppiamento di componenti – un modulo conosce altri moduli o gestisce istanze di altri moduli
 - accoppiamento mediante interfaccia e parametri – un modulo richiede l'esecuzione di operazioni ad altri moduli



Forme di accoppiamento

- Altre forme di accoppiamento – tra una coppia di elementi A e B
 - esistenza – A dipende dall'esistenza di B
 - spaziale – A dipende dalla locazione di B
 - temporale – A deve interagire con B in modo sincrono
 - nella qualità del servizio o dei dati – A dipende dalla qualità del servizio o dei dati offerti da B
 - di piattaforma – A deve essere realizzato con la stessa piattaforma o tecnologia di B
 - nel rilascio – se il rilascio di una nuova versione di B richiede anche il rilascio contestuale di una nuova versione di A
 - tra team di sviluppo – riguarda il coordinamento richiesto tra il team che sviluppa A e il team che sviluppa B



Connascenza



- La **connascenza** è un tipo particolare di accoppiamento
 - due moduli sono connascenti se il cambiamento in un modulo richiede anche una modifica nell'altro per mantenere la correttezza complessiva del sistema
 - forme di connascenza statica (dalle più deboli alle più forti)
 - connascenza di nome
 - connascenza di tipo
 - connascenza di significato o di convenzione
 - connascenza di posizione
 - connascenza di algoritmo



Connascenza



- La **connascenza** è un tipo particolare di accoppiamento
 - due moduli sono connascenti se il cambiamento in un modulo richiede anche una modifica nell'altro per mantenere la correttezza complessiva del sistema
 - forme di connascenza dinamica (dalle più deboli alle più forti) – sono tutte più forti delle forme di connascenza statica
 - connascenza di esecuzione – riguarda l'ordine in cui devono essere eseguite più operazioni
 - connascenza di temporizzazione – riguarda la sincronizzazione tra thread e processi
 - connascenza di valori – riguarda valori che devono cambiare insieme in componenti diversi
 - connascenza di identità – riguarda l'identità di entità che devono essere accedute da più componenti
 - inoltre, si parla anche di connascenza sincrona e asincrona



Modificabilità, verifica e rilascio

- Altri contributi al costo di una modifica sono il costo della verifica e il costo del rilascio (delivery)
 - il costo della verifica (test) dipende dalla verificabilità del sistema – che esamineremo in una successiva dispensa
 - il costo del rilascio dipende da tanti aspetti – anche questi saranno discussi in dispense successive



* Progettare per la modificabilità

- Alcune attività nella progettazione per la modificabilità e l'evoluzione di un sistema [SSA]
 - identifica le necessità di evoluzione
 - identifica i cambiamenti attesi più rilevanti per il sistema, e valuta il loro potenziale impatto e la loro probabilità
 - decidi quando dovrà essere gestito ciascun cambiamento, chi dovrà farlo e come
 - valuta la modificabilità corrente del sistema
 - “scegli le tue battaglie”
 - raffina l'architettura



- Tattiche per la modificabilità

- [SAP] propone tattiche per la modificabilità per controllare il tempo e il costo per implementare, verificare e rilasciare **un cambiamento atteso**
 - si riferiscono ad attività da svolgere in futuro, dopo il rilascio iniziale del sistema
 - un aspetto fondamentale è la possibilità di riorganizzare i moduli, le loro responsabilità e le loro dipendenze
 - “elimina, combina, riorganizza e semplifica”
 - l’obiettivo è identificare un insieme di moduli, a cui sono assegnate delle responsabilità, in modo da minimizzare il costo dei cambiamenti attesi



Categorie di tattiche per la modificabilità

- Categorie principali di tattiche per la modificabilità
 - *reduce size of a module*
 - per ridurre il costo di modificare una singola responsabilità
 - *increase cohesion*
 - per ridurre il costo dei cambiamenti intervenendo sulla coesione del sistema
 - *reduce coupling*
 - per ridurre il costo dei cambiamenti intervenendo sull’accoppiamento del sistema
 - *defer binding*
 - per controllare il tempo e il modo in cui effettuare la modifica e il suo rilascio

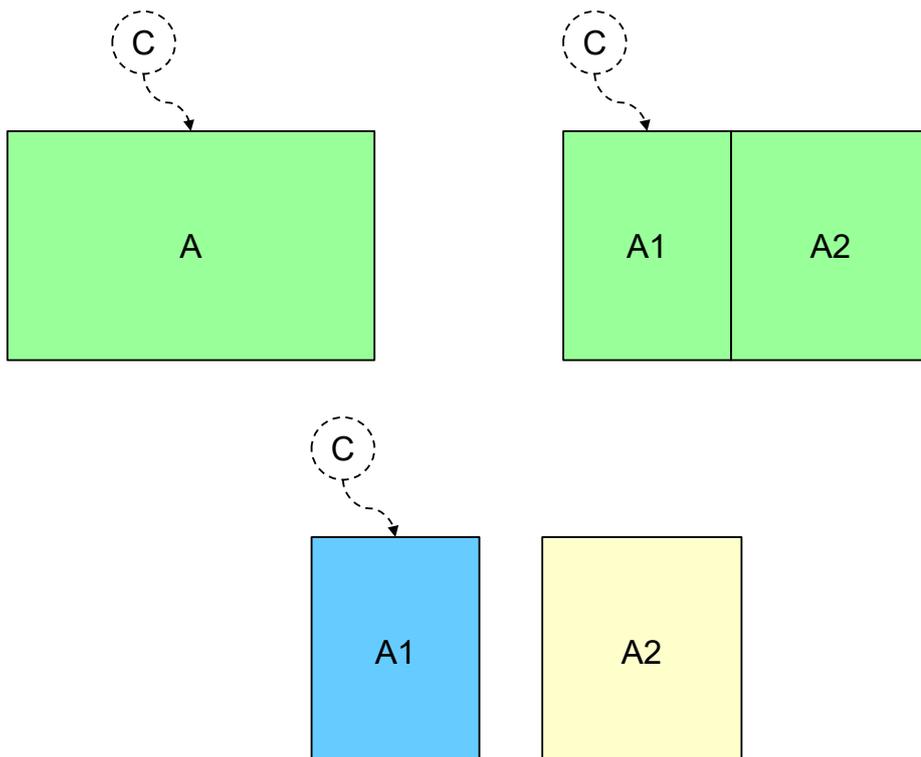


- Reduce the size of a module

- Un approccio di base per ridurre il costo delle modifiche è separare le responsabilità in base ai cambiamenti previsti
- *Split module*
 - sia R la responsabilità che è il target di uno specifico scenario di modificabilità – ed M il modulo a cui è assegnata la responsabilità R
 - se il modulo M comprende molte capacità/funzionalità (oltre a R), allora il costo della modifica sarà alto
 - se la modifica ha impatto solo su una porzione di M, allora si può ridurre il costo atteso della modifica decomponendo il modulo M in moduli più piccoli
 - un criterio per separare responsabilità in modo efficace è che i moduli piccoli possano essere modificati indipendentemente



Split module





Esempio: Split module

□ Esempio

- il sistema deve interagire con un sistema esterno per fruire di un servizio
- cambiamento atteso: fruire il servizio da un sistema esterno differente
- questo cambiamento può essere isolato utilizzando un'interfaccia e il polimorfismo e gestito mediante un Adapter



- Increase cohesion

- Le tattiche per aumentare la coesione hanno di solito l'obiettivo di localizzare i cambiamenti
 - ridurre il numero di moduli sui quali un certo cambiamento si ripercuote direttamente può ridurre il costo della modifica



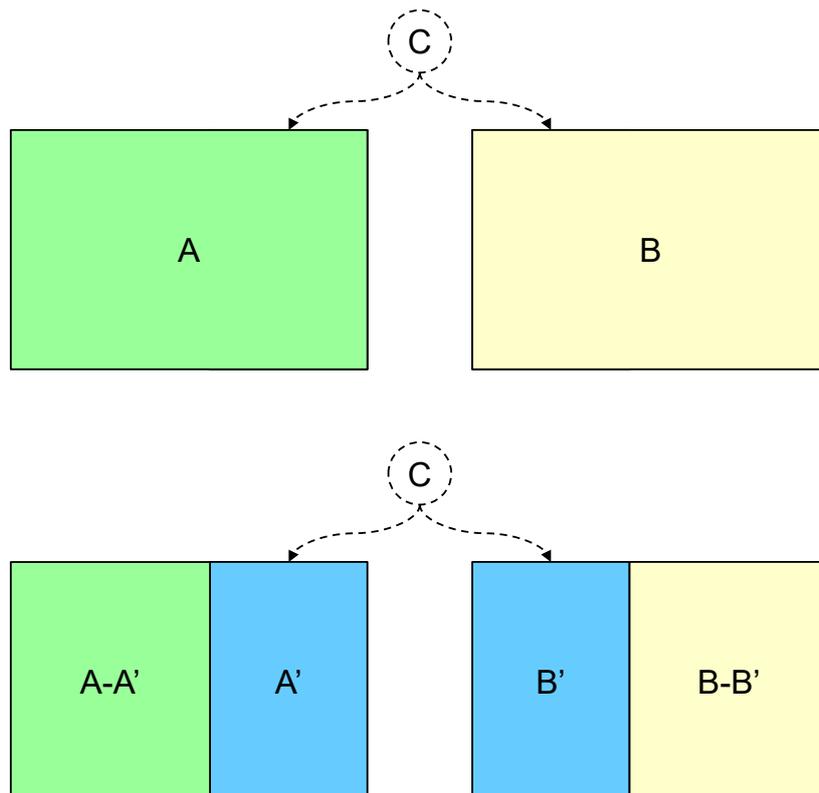
Increase semantic coherence

□ *Increase semantic coherence*

- la coesione e l'accoppiamento sono solo un tentativo di misurare la modificabilità di un sistema
- la **coerenza semantica** è una misura della forza delle relazioni tra le responsabilità assegnate a un modulo anche con riferimento alla probabilità che i cambiamenti attesi abbiano impatto sulle responsabilità del modulo
 - un modulo è semanticamente coerente se le sue responsabilità sono funzionalmente coese e se rientrano tutte nella portata di uno o più cambiamenti attesi
- l'assegnazione di responsabilità va iniziata sulla base di opportune forme di coesione (e di accoppiamento)
- ma poi, per ciascun modulo, vanno identificati i cambiamenti attesi che possono avere impatto su quel modulo – e, nel caso, alcune responsabilità vanno riassegnate

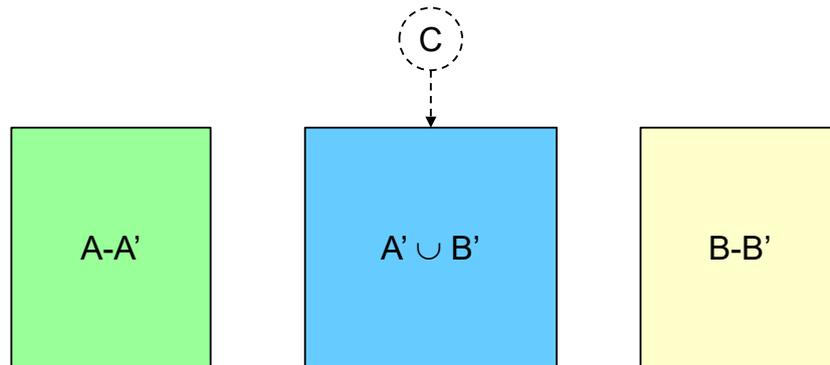


Increase semantic coherence





Increase semantic coherence



Esempio: Increase semantic coherence

□ Esempio

- protocolli di rete
- cambiamenti attesi: definire nuovi protocolli applicativi, variare protocolli esistenti, fornire nuove implementazioni dei protocolli con riferimento a nuovi tipi di hardware
- i protocolli di rete sono implementati distribuendo i diversi tipi di responsabilità in una pila di strati – le responsabilità sono raggruppate in modo che abbiano qualche forma di coerenza semantica
- in genere, i cambiamenti attesi sono relativi a un singolo tipo di responsabilità – pertanto, ciascuno di questi cambiamenti potrà essere gestito nell'ambito di un singolo strato



Un criterio per la decomposizione in moduli

- Un celebre articolo di [Parnas] del 1972 suggerisce il seguente criterio per la decomposizione in moduli di un sistema
 - “we propose that one begins with a list of difficult design decisions or design decisions which are likely to change – each module is then designed to hide such a decision from the others”
 - due contributi significativi
 - ciascuna decisione di progetto difficile oppure soggetta a cambiamento va assegnata a un modulo diverso – “increase semantic coherence”
 - queste decisioni vanno nascoste ad altri moduli – “encapsulate”



- Reduce coupling

- Le tattiche per ridurre l'accoppiamento hanno l'obiettivo di evitare i cosiddetti effetti a cascata – per ridurre il numero di moduli sui quali un certo cambiamento atteso si ripercuote *indirettamente*
 - un *effetto a cascata (ripple effect)* da una modifica è la necessità di effettuare un cambiamento a moduli su cui la modifica non si ripercuote direttamente
 - questo è in genere motivato da una qualche forma di *accoppiamento* o *dipendenza* tra questi moduli



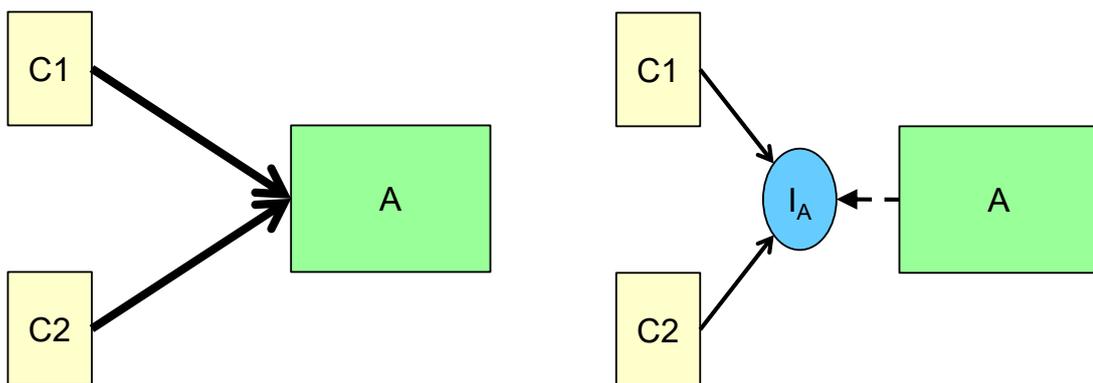
Encapsulate

□ *Encapsulate*

- l'*incapsulamento* di un elemento software separa in modo esplicito la sua interfaccia – pubblica e stabile – dalla sua implementazione – privata e soggetta ad evoluzioni e variazioni
 - le interazioni tra elementi devono avvenire solo tramite le loro **interfacce pubbliche**
- l'incapsulamento di un elemento A, basato su un'interfaccia **stabile**, ha lo scopo di ridurre la probabilità di propagazione dei cambiamenti nell'elemento A verso altri elementi
- l'incapsulamento ha lo scopo di isolare i cambiamenti attesi in un modulo, nascondendoli ad altri moduli [Parnas]



Encapsulate





Esempio: Encapsulate

□ Esempi

- nella pila dei protocolli di rete, ogni protocollo è implementato sulla base di servizi offerti dallo strato inferiore
- la modificabilità è favorita dal fatto che questi servizi sono fruiti solo sulla base di un'interfaccia
- l'accesso a una base di dati avviene sulla base di uno schema logico – che incapsula lo schema fisico della base di dati
- questo consente, ad es., di modificare lo schema fisico della base di dati – senza dover modificare le applicazioni che la accedono



Use an intermediary

□ *Use an intermediary*

- un *intermediario* è un elemento introdotto per rompere la dipendenza (indesiderata) tra un elemento A e un elemento B
- esistono tanti tipi di intermediari – che consentono di rompere dipendenze diverse
 - ad es., molti design pattern o pattern architetturali – come facade, proxy, adapter, bridge, mediator, factory, ... – oppure un broker o un servizio di directory



Esempio: Use an intermediary

□ Esempio

- l'accesso a una base di dati da parte di un'applicazione avviene mediante il suo schema esterno – che è un intermediario che fornisce una vista dei dati della base di dati che è specifica per l'applicazione
- molti cambiamenti possono essere gestiti ridefinendo lo schema esterno per un'applicazione – ma senza cambiare lo schema logico condiviso della base di dati
- le applicazioni possono essere protette da cambiamenti che richiedono la modifica dello schema logico adeguando i loro schemi esterni (che è meno costoso che non cambiare le applicazioni)

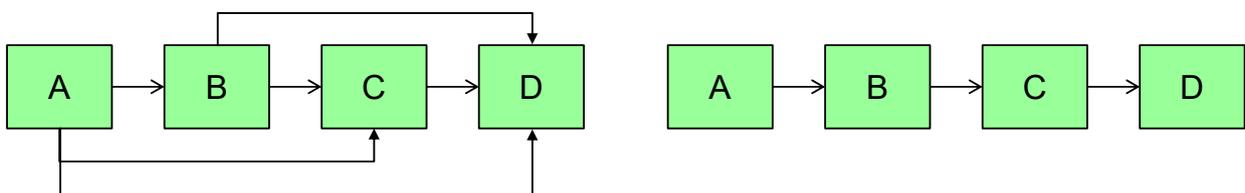


Restrict dependencies

□ *Restrict dependencies*

- questa tattica consiste nel rimuovere una dipendenza relativa a una necessità di comunicazione, riducendo l'insieme dei moduli con cui ciascun modulo può comunicare direttamente – questa comunicazione può essere poi incanalata e gestita da un intermediario

□ Esempio





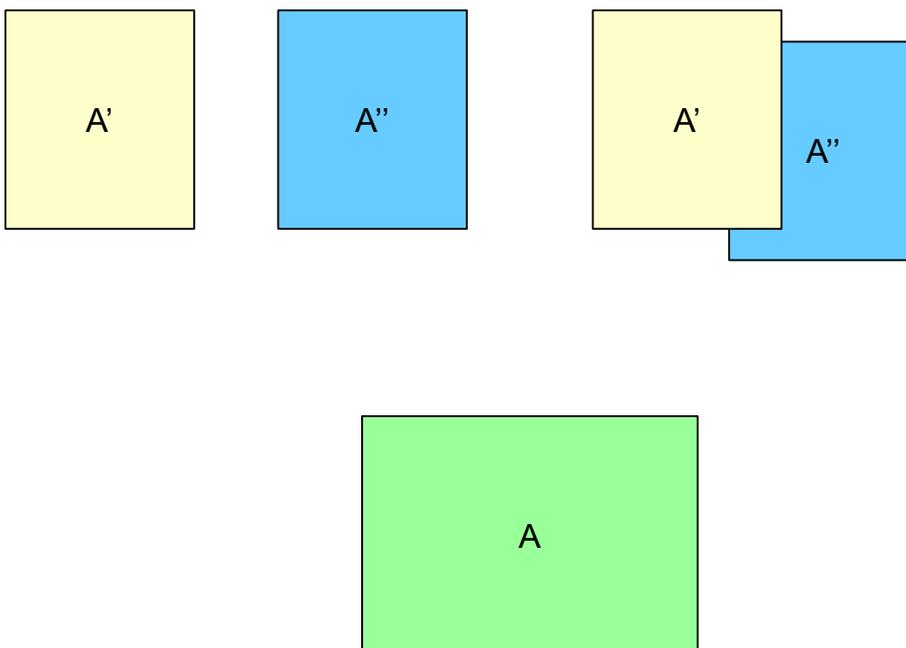
Refactor

□ *Refactor*

- ha l'obiettivo di ridurre duplicazioni nel codice, mettendo a "fattor" comune il codice di interesse per più moduli – in modo che i cambiamenti attesi riguardanti queste responsabilità possano essere gestiti in un singolo modulo, una sola volta
- più in generale, il refactoring può essere applicato per generalizzare responsabilità simili



Refactor





Abstract common services

□ *Abstract common services*

- un modo per sostenere il riuso è realizzare moduli specializzati che forniscono servizi comuni ad altri moduli
- se questi servizi comuni sono a un livello opportuno di astrazione (ovvero, se sono implementati in una forma generale), allora è sostenuta anche la modificabilità
- un modo comune nel rendere un servizio più astratto è basato su una parametrizzazione delle sue attività – spesso realizzata mediante l’uso di un “linguaggio”



Esempio: Abstract common services

□ Esempio

- una base di dati viene acceduta mediante istruzioni SQL – e non mediante operazioni procedurali di accesso ai dati
- alcuni componenti offrono un’interfaccia a messaggi/documenti anziché un’interfaccia procedurale – l’accoppiamento con un componente basato su un’interfaccia a messaggi è in genere inferiore all’accoppiamento basato su un’interfaccia procedurale

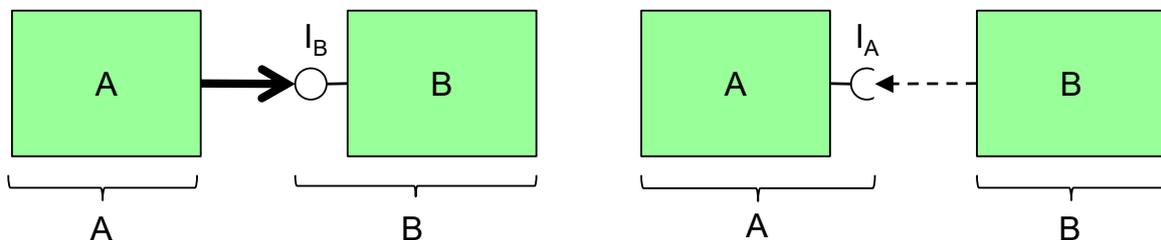


Dependency Inversion Principle

- Il seguente principio specializza la tattica dell'incapsulamento
 - *Dependency Inversion Principle (DIP)* [Martin]
 - i moduli di alto livello non dovrebbero dipendere dai moduli di basso livello – piuttosto, entrambi dovrebbero dipendere da opportune astrazioni
 - le astrazioni non dovrebbero dipendere dai dettagli – piuttosto, i dettagli dovrebbero dipendere dalle astrazioni
 - in pratica, il DIP consente di trasformare una dipendenza $A \rightarrow B$ in una dipendenza inversa $A \leftarrow B$
 - soprattutto quando A è di livello più alto di B



Esempio: Dependency Inversion Principle





- Defer binding

- Il costo di una modifica dipende anche dal momento (nel ciclo di vita dello sviluppo) in cui è possibile effettuare quella modifica
 - intuizione: finché c'è un'opportuna preparazione, più tardi nel ciclo di vita di un sistema si verifica una modifica, minore è il suo costo
- Le tattiche nella categoria *Defer binding* (rimanda/posticipa il collegamento/l'attivazione di una modifica)
 - consentono di controllare il tempo e il modo (e il costo) per effettuare una modifica e il suo rilascio – per alcune modifiche che devono essere note (più o meno bene) in anticipo



Defer binding

- Tattiche per effettuare modifiche al tempo della codifica
 - parametrizzare i moduli
 - usare il polimorfismo
 - usare la programmazione orientata agli aspetti (AOP)
- Tattiche per effettuare modifiche al momento della compilazione
 - sostituzione di componenti
- Tattiche per effettuare modifiche al momento dell'installazione (deployment)
 - collegamento al momento della configurazione



Defer binding

- Tattiche per effettuare modifiche al momento dell'avvio (initialization time)
 - file di risorse – ad es., un file di configurazione
 - collegamento al momento dello start-up – ad es., con parametri specificati al momento dell'avvio

- Tattiche per effettuare modifiche a runtime
 - registrazione a runtime – di parametri e servizi, in un registry
 - lookup dinamico – di parametri e servizi, da un registry
 - interpretazione di parametri – in un modulo sufficientemente generale e parametrizzato
 - uso di plug-in
 - metadati e riflessione

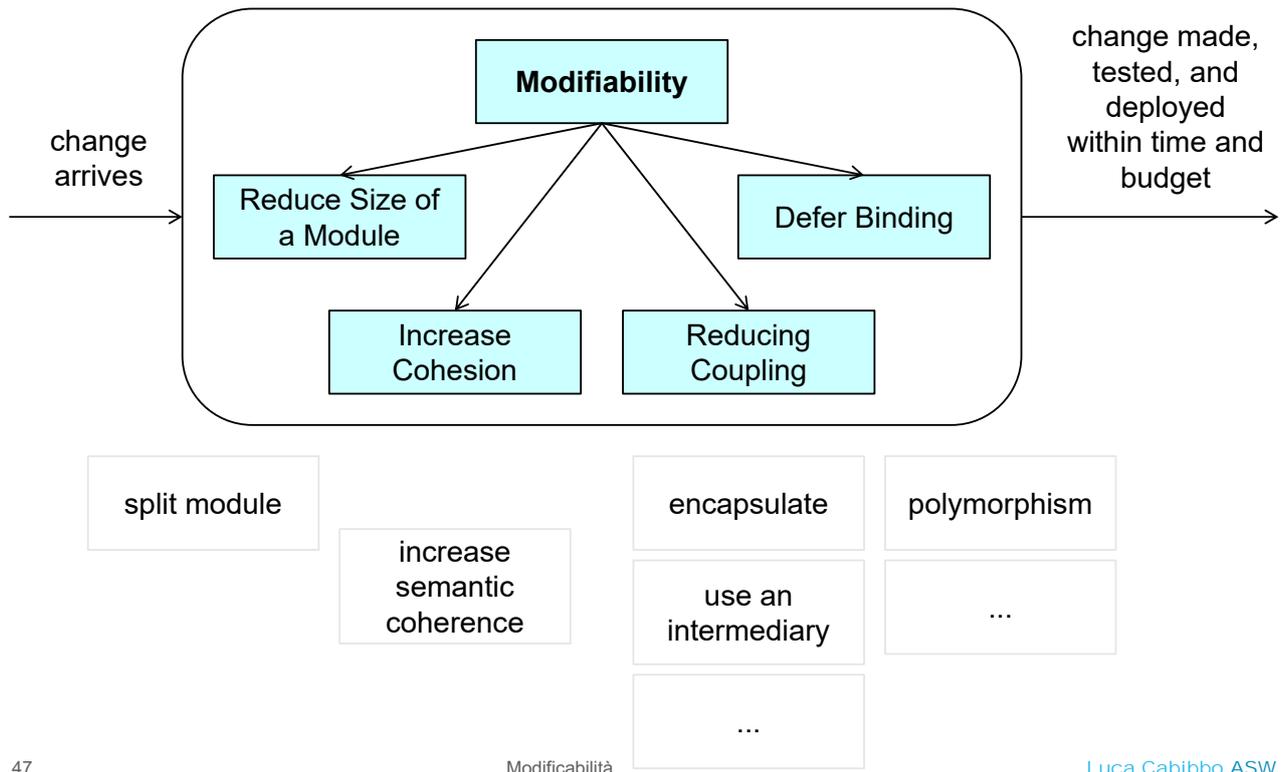


Configuration management

- Un aspetto importante che emerge da quest'ultima categoria di tattiche è la gestione dei *dati di configurazione delle applicazioni*
 - ogni servizio o componente software richiede in genere dei dati di configurazione – ad es., le credenziali di accesso ai servizi infrastrutturali
 - alcuni dati di configurazione sono sensibili
 - devono essere spesso organizzati in diversi profili di esecuzione
 - queste configurazioni vanno gestite esternamente ai servizi (*externalized configuration*) – in modo che possano variare indipendentemente dai servizi



Tattiche per la modificabilità



47

Modificabilità

Luca Cabibbo ASW



- Discussione

- Le tattiche per la modificabilità che sono state presentate
 - esemplificano l'idea di "tattica come trasformazione"
 - l'applicazione di una tattica può cambiare l'architettura – con l'obiettivo di raggiungere un miglior controllo di un attributo di qualità
 - sono applicate in molti pattern architetturali – ad es., Layers, Pipes & Filters, Microkernel, Reflection, MVC, Broker, ...

48

Modificabilità

Luca Cabibbo ASW



- Altre opzioni di progettazione per la modificabilità



- La prospettiva dell'*evoluzione* di [SSA] propone alcuni suggerimenti, tattiche e opzioni di progettazione per la modificabilità
 - contieni (localizza) il cambiamento – *increase semantic coherence, split module, encapsulate, use an intermediary, ...*
 - crea interfacce estensibili – *abstract common services*
 - applica tecniche di progettazione che facilitano il cambiamento – *use an intermediary* – ad es., collega elementi diversi mediante degli opportuni design pattern
 - applica pattern architetturali basati su meta-modelli – ad es., Reflection
 - costruisci punti di variazione nel software e punti di estensioni standard
 - cambia in modo affidabile – riguarda la verifica e il rilascio



* Discussione

- La modificabilità riguarda la flessibilità con cui è possibile gestire cambiamenti in un sistema software dopo che questo è stato rilasciato
 - si tratta di una qualità importante in molti sistemi – poiché un sistema di successo deve essere in grado di soddisfare gli obiettivi di business di un'organizzazione – non solo quelli correnti, ma anche quelli *futuri*
 - un sistema software flessibile può infatti abilitare (anziché ostacolare) l'organizzazione che lo utilizza nell'evoluzione del proprio business