

Riassunti di Ingegneria del Software

Simone Montali
monta.li

16 dicembre 2019

Prefazione

Questo progetto nasce dalla necessità di trovare un metodo di studio per questa materia che, ai più sembra banale. Il problema di fondo è proprio in questa apparente banalità: si finisce per studiarla di fretta pensando di conoscerla, e ci si rende conto troppo tardi di non essere pronti. Mi scuso, anzitutto, per il vocabolario misto italiano-inglese che utilizzerò in queste pagine. Tanti di voi sanno quanto sia complicato esprimere certi concetti in italiano. Ho inserito un piccolo glossario a fine documento. Questo documento ha lo scopo di essere il giusto mezzo tra completezza e sinteticità. Mi scuso, in secundis, per i toni a volte scurrili. Un vero informatico è arrabbiato */per il codice che non compila/L^AT_EX che fa ciò che vuole/il computer che si impalla/quel piccolo bugfix di Linux che diventa un bagno di sangue/*, e non c'è modo migliore di sfogare le incazzature informatiche che imprecare in riassunti che leggeranno le generazioni a venire. Non so come tu ti sia procurato questo documento, ma se hai 5 minuti da buttare, dai una letta alle cose che ho scritto qui. Ci troverai anche un'altra valangata di appunti. Buona studiata ed in bocca al lupo per tutto.

1 T1 - Software Development Process

Anche la signora seduta all'angolo di via Cavour, sa che oggi più che mai i software sono parte di tutti i processi che fanno girare il mondo. L'Ingegneria del software è però molto di più che scrivere codice. Infatti, è piuttosto un concetto di risoluzione dei problemi del mondo reale, sfruttando software. I requirements sono sempre più stringenti: tempi brevi, sistemi complessi, molte funzionalità richieste. Un buon software deve avere ottime **maintainability, dependability, efficiency, acceptability**. Problemi e soluzioni sono complessi, ma il software offre estrema flessibilità. Esso è un sistema discreto. Alcuni problemi tipici possono essere le scadenze, i budget, le performance, la manutenzione. Le sfide principali sono rappresentate da **eterogeneità, delivery, trust**. L'attività di problem solving è composta da due fasi: l'analisi e la sintesi.

1.1 Quindi? Cos'è l'ingegneria del software?

Siamo giunti al nocciolo della questione: **di cosa stiamo parlando?** L'ingegneria del software è un insieme di **tecniche, metodologie, strumenti** che aiutano nella produzione di software di alta qualità dati un budget, una scadenza, e delle modifiche continue. La sfida principale è quindi quella di avere a che fare con complessità elevate. Siamo di fronte anche a un aumento delle responsabilità: un ingegnere del software non deve solo scrivere codice, ma piuttosto lavorare con competenze e confidenzialità, applicando un'etica.

1.1.1 Processo del software

In seguito ad una rappresentazione astratta, si procede con un set di attività strutturato: specifica dei **requirements**, **design**, **implementazione**, **validazione**, **evoluzione**.

1.2 Modelli di sviluppo del software

Distinguiamo tra **plan-driven** e **agile** development. Nel primo, prima si pianificano i requirements, e solo in seguito si sviluppa il software. Nel secondo si sviluppa il software un pezzo alla volta, a stretto contatto col cliente.

1.2.1 Modello a cascata

In questo modello, **plan-driven**, le specifiche e lo sviluppo sono separati. I pro sono, ad esempio, un'ottima documentazione e manutenzione semplice. D'altro canto, però, le specifiche vengono "*congelate*" dopo la prima fase, il cliente viene poco coinvolto, ed i tempi sono più lunghi.

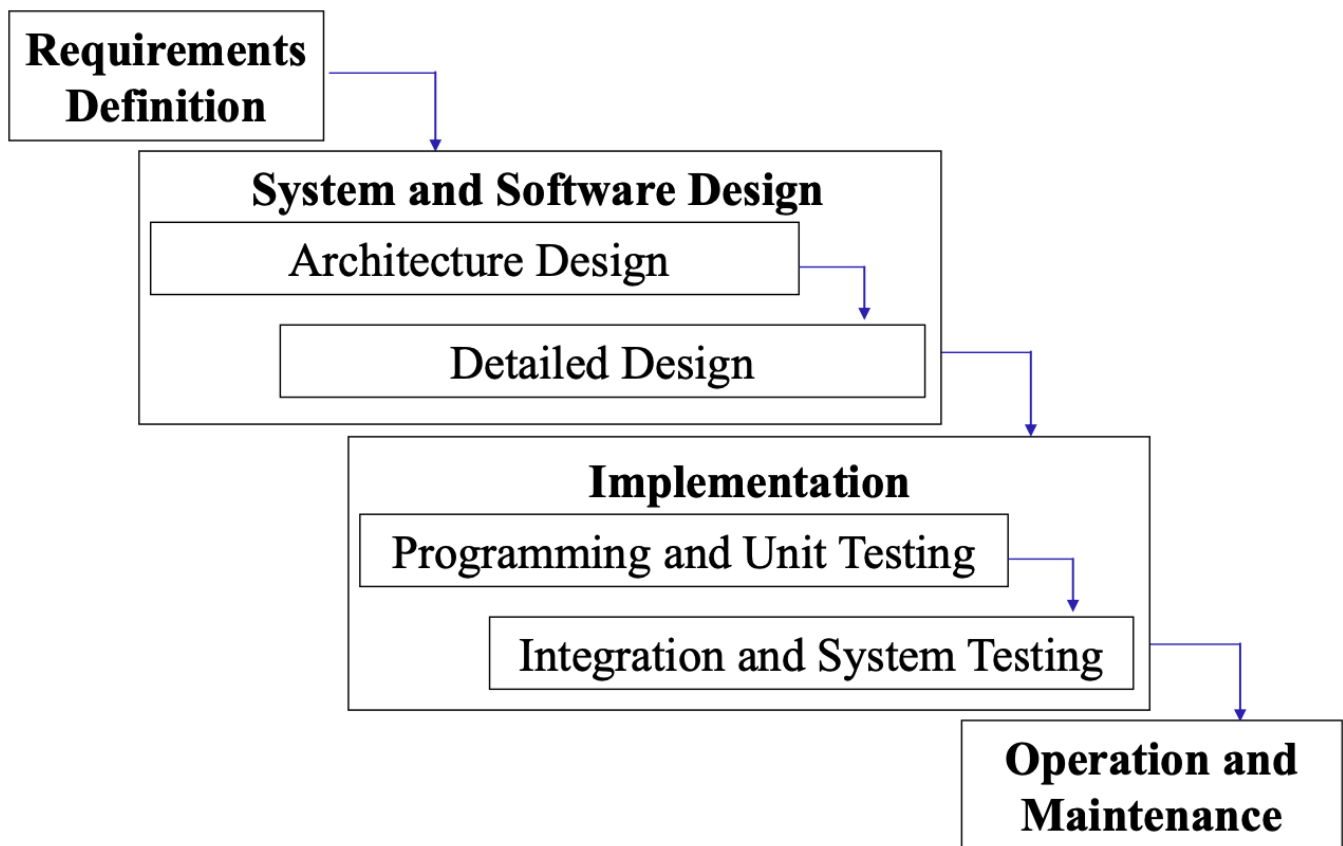


Figura 1: Waterfall Model

1.2.2 Modello a spirale

Nel modello a spirale, abbiamo diverse fasi che si susseguono a spirale; il *risk handling* viene gestito tramite prototipazione, che permette di testare i prodotti contro i requirements. Alcuni pro possono essere l'elevata prevenzione dei rischi, la completezza della documentazione, la flessibilità. È, però, un modello costoso, riservato ad esperti ed a progetti costosi e richiedenti molta sicurezza. La spirale può allargarsi all'infinito.

Il **prototipo** è un'implementazione limitata del sistema, rappresentando solo alcuni aspetti. È utilizzato in varie fasi dello sviluppo. Porta però vari vantaggi, come un'elevata usabilità, un buon design, una grande facilità di manutenzione, ed un ridotto costo di sviluppo.

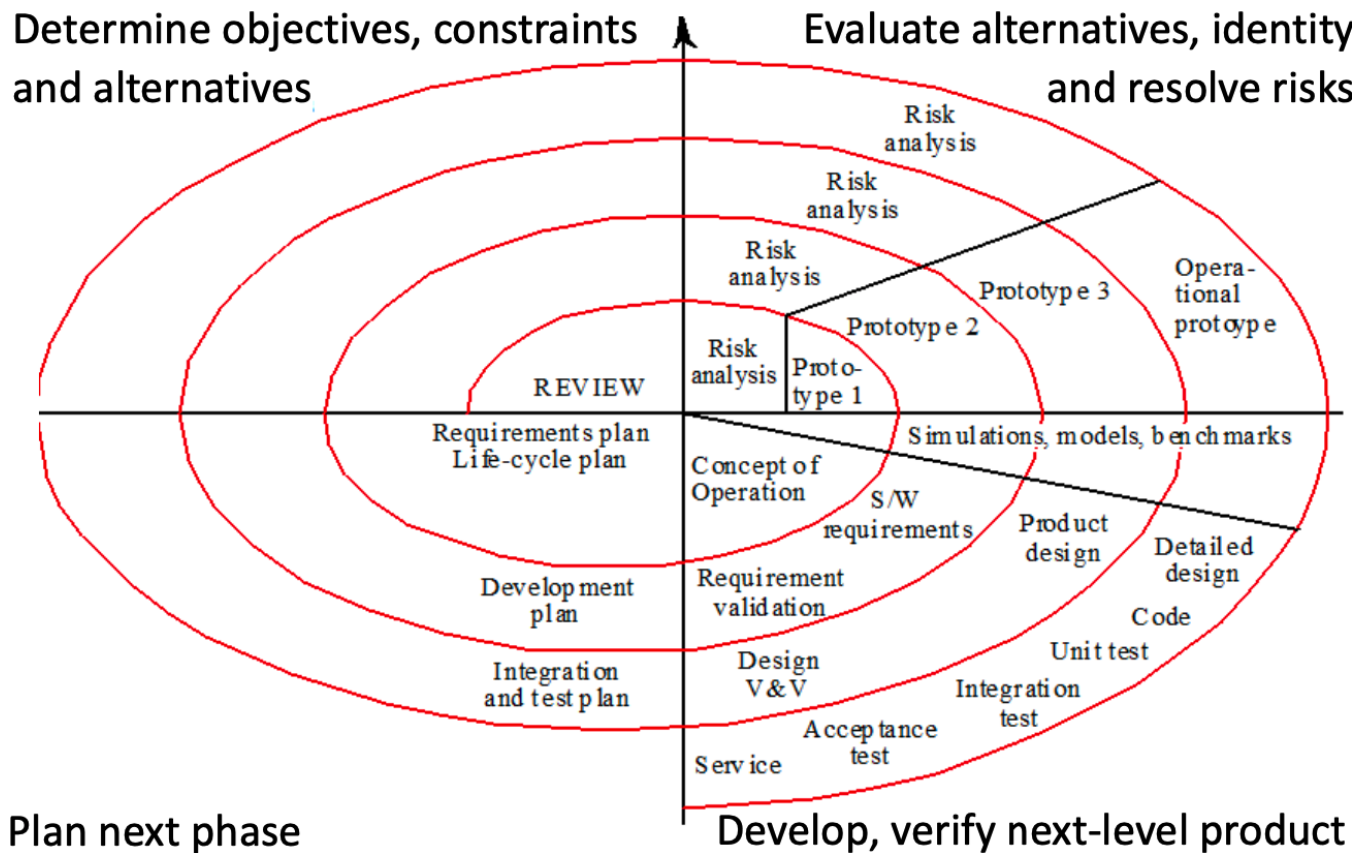


Figura 2: Spiral Model

1.2.3 Incremental development

L'incremental development consiste in una prima fase di raccolta dei requirement, da cui nasce la versione iniziale, una fase di design, ed una fase di implementazione, che produce la versione finale. Alcuni pro possono essere la naturale presenza di prototipi ad ogni aggiunta di feature, un basso rischio di fallimento progettuale, una quantità di testing variabile in base alla priorità. Alcuni contro: bassa *process visibility*, sistemi mal strutturati, skill speciali necessarie. Esso è adatto per progetti piccoli, o parti di progetti grandi.

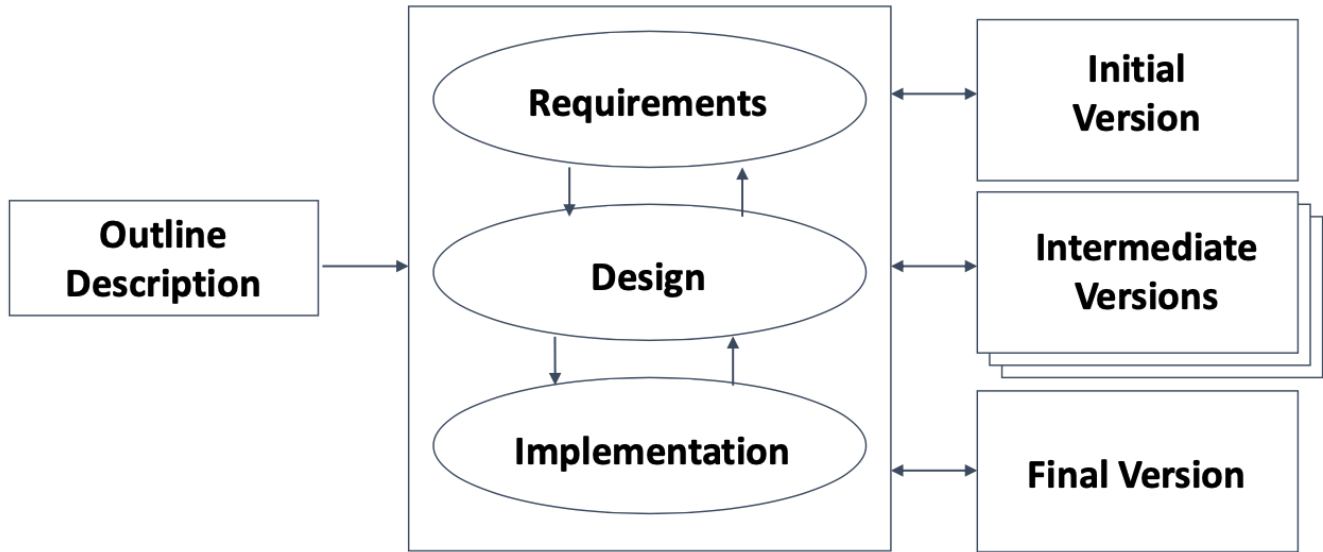


Figura 3: Incremental Development

1.2.4 Test driven development

Qui, i test vengono scritti prima dell'implementazione, rendendo note le difficoltà da subito. Rende il debug più semplice. Si aggiunge un test, si prova il codice vecchio con il test nuovo, si aggiunge la feature e si verifica che il test sia ancora positivo.

1.2.5 Agile development

"Tutti fanno Agile, nessuno fa Agile." L'agile è basato sulla **continuous delivery**, con dei requirements in continuo cambiamento. Il cliente è direttamente coinvolto, aggiungendo requirements man mano che il progetto va avanti. È una metodologia semplice nella quale il team si auto organizza, ma ha svariati rischi, come la mancanza di planning, la necessità di team esperti, la documentazione scarna o spesso errata.

1.2.6 Extreme Programming

Suona più badass di quanto sia realmente/s L'XP è utilizzato in situazioni in cui i requirements variano velocemente, i team sono ridotti e "affiatati" (spesso si ricorre al **pair programming**). È un tipo di programmazione agile, basato su design semplice, release minori, refactoring continuo, alta semplicità.

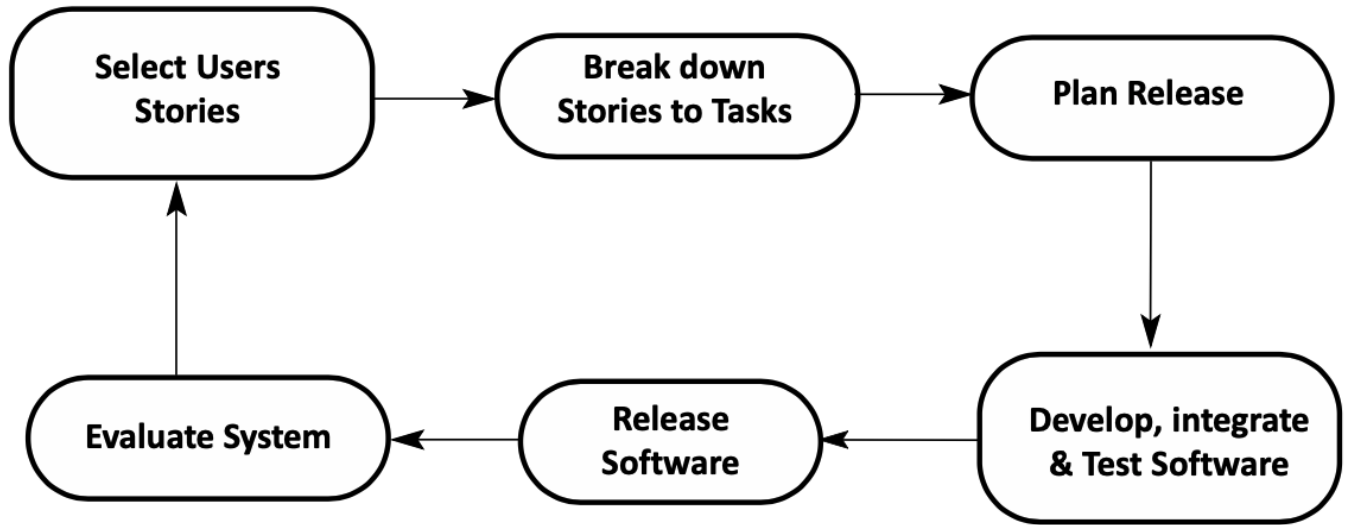


Figura 4: Extreme Programming

1.3 Reusable software

È spesso comodo lavorare per **microservizi** atomici, in modo da poterli riutilizzare. Parliamo, ad esempio, di API. Questo riduce i costi e i tempi di sviluppo, al costo di leggeri sacrifici sul lato dei requirements, e un mancato controllo sull'evoluzione del software → funzionalità che variano il loro comportamento. *Parlo a lei, signor React (ah, già, Mark), che cambia tutto ad ogni versione.*

2 T2 - Coding, Debugging, Testing

Un buono stile di coding è fondamentale perché i programmi vengono scritti una volta, ma letti molte. Alcuni aspetti importanti sono il layout, i nomi, i commenti.

2.1 Legge di Ambler per gli standard

Più uno standard è utilizzato, più è facile comunicare tra membri del team. Si possono inventare standard quando necessario, ma attenzione a non perdere tempo in qualcosa che non verrà riutilizzato. Tutti i linguaggi hanno standard reperibili. *Consiglio per la vita: quando vi servono, esistono gli standard di Google, gente più affidabile di me.* È consigliabile avere standard aziendali. Uno standard consiste di nomenclature, formattazione, formato e contenuto dei commenti. È necessario documentare tutte le volte in cui si infrangono gli standard. *(È davvero necessario infrangerlo?)*

2.2 Coding practices

Alcune pratiche sono rappresentate da:

- **indentazione**, che oltre ad essere importante per la leggibilità, a volte fa parte delle regole di compilazione. *e.g. Python.*
- **whitespaces**, migliorano la leggibilità. *Però, non fate le bestie di satana mettendo uno spazio dopo l'apertura della parentesi. Non fatelo.*
- **Naming, commenting**, rendono la comprensione del codice molto più facile.

I commenti sono uno strumento fondamentale da tenere sempre vicino al codice. Non pensiate però di essere autorizzati a scrivere *spaghetti code*, se commentato. Refactorate. Fondamentale è spiegare i compiti di classi, funzioni, variabili o blocchi di codice complessi. *In generale, se avreste bisogno di spiegarlo a Guido Soncini, commentatelo.* Utilizzare uno standard permette ai vostri colleghi di non dover riscrivere il vostro codice perché non gli piace. Rendete più semplice aggiungere funzioni, o creare la documentazione. È, insomma, tempo ben speso.

2.3 Dealing with errors

Distinguiamo tra prima, durante e dopo: **prevention, detection, recovery**. Alcune fonti di errori possono essere un design errato, una mancanza di isolamento, o typos. Per esempio, errori di "confini" negli array, errori di *off-by-one*, errori di input errati. Per debuggare, bisogna riconoscere l'esistenza di un bug, isolarne la fonte, identificarne la causa, trovare un fix, applicarlo, e **testarlo**. *Lo scrivo in grassetto perché mi capita spesso di rompere più di quello che metto a posto.* Riconoscere un bug spesso è complicato, soprattutto quando accade solo in determinate situazioni, o se il software è difficile da testare. Per trovare i bug, potete usare dei print statement, molto veloci da usare ma spesso incompleti e poco pratici. Per questo, esistono gli strumenti di debug, che permettono di bloccare il codice in determinati punti, analizzare le variabili, e *bestemmiare con calma*. Spesso gli errori sono dovuti al design piuttosto che all'implementazione.

2.4 Testing

Il testing permette di scovare errori e bug, ma non la loro assenza. È purtroppo impossibile testare ogni caso. Il tester deve conoscere il sistema e le tecniche di testing. **Il tester non dovrebbe essere il programmatore.** Spesso il programmatore ha in mente il modo corretto di far funzionare il programma, e quindi difficilmente trova casi in cui il suddetto si rompe.

2.4.1 Unit testing

Lo unit testing permette di testare singole unità di codice, trovando falle negli algoritmi, i dati, la sintassi. Un set di test cases viene creato e poi utilizzato.

2.4.2 Integration testing

L'integration testing prova un gruppo di sottosistemi, o anche l'intero software. Viene eseguito dai programmatori, il goal è testare le interfacce oltre ai sottosistemi. L'intero sistema è visto come un insieme di sottosistemi, l'obiettivo è quello di testare tutte le interfacce e l'interazione tra sottosistemi. La strategia determina il modo in cui i sottosistemi vengono testati. Molte falle sono date da problemi nell'interazione tra sottosistemi. Le falle non intercettate in questa fase diventeranno molto più costose.

2.4.3 System Testing

Il system testing testa l'intero sistema, per verificare che rispetti i requirements funzionali e non, oltre alle prestazioni.

2.4.4 Functional Testing

Questo tipo di testing viene svolto per verificare la funzionalità del sistema. I test cases vengono ideati a partire dai requirement del progetto, ed il sistema è trattato come una black box.

2.4.5 Performance Testing

Questo tipo di testing tenta di provare il sistema in situazioni estreme, come alti carichi, input errati, grandi volumi di dati. Alcuni esempi sono stress testing, security testing, volume testing, recovery testing.

2.4.6 Acceptance Testing

Questo tipo di testing prova che il sistema sia effettivamente pronto per la fase di production. I test vengono scelti ed effettuati dal cliente. Questi sono i famosi **alpha e beta tests**. Nel primo, il software è ancora nell'environment di sviluppo. Nella beta, l'environment è quello del cliente e l'utilizzo effettuato è realistico.

3 T3 - System Modeling and UML

Il system modeling fornisce rappresentazioni astratte a problemi reali, tramite notazione grafica. Un modello funzionale dovrebbe introdurre i componenti essenziali, utilizzare una notazione *consistente*, ed utilizzare tool al supporto della creazione. Il modello esprime quindi la realtà, adattata a dei modelli standard. Il system modeling deve essere **predictive**, in quanto deve essere svolto prima del development. Dev'essere **extracted** da un sistema esistente, tramite analisi delle proprietà del software. Deve essere **prescriptive**, ossia definire un set di regole e limiti per l'evoluzione del software.

3.1 UML

Unified Modeling Language nasce per unire diversi standard/linguaggi di modellazione, con diagrammi multipli e interoperabilità. UML è **semplice, espressivo, utile, consistent, estensibile**. Alcuni esempi di views sono:

- Use Case view
- Structural view
- Behavioral view
- Implementation view
- Environment view

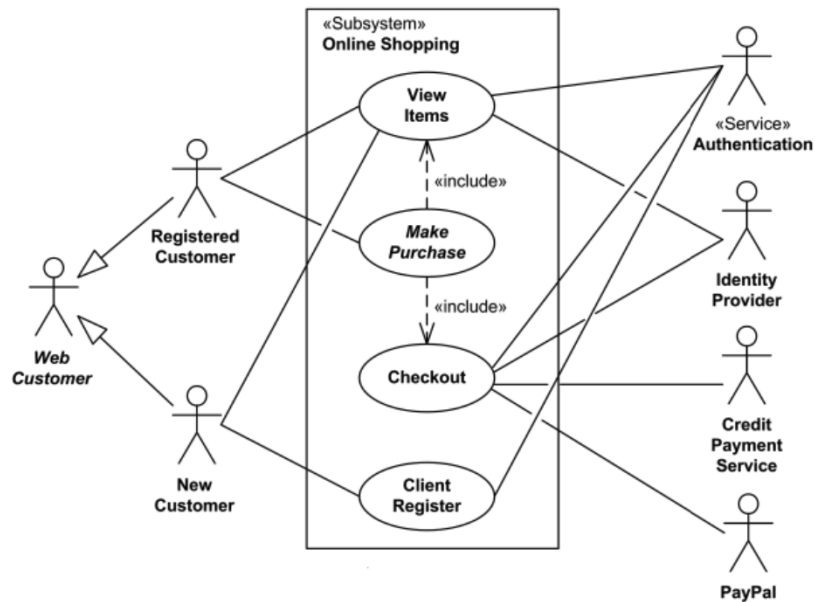


Figura 5: Use case diagram

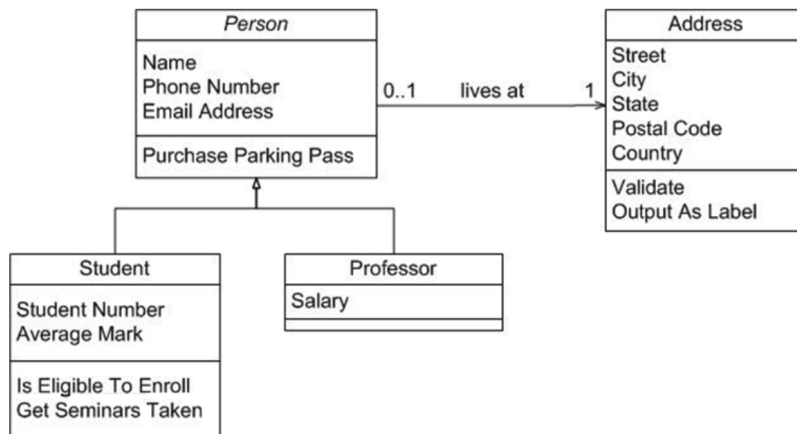


Figura 6: Class diagram

4 T4 - Requirements Engineering

Gli scopi del requirements engineering sono **identificare** i servizi necessari ed i constraint, **definire** offerta e contratto, **ottenere** tutte le informazioni necessarie al design. I desiderata sono:

- **Validi**, esprimendo le reali necessità
- **Non ambigui**, leggibili in un solo modo
- **Completi**
- **Comprensibili** da tutte le persone coinvolte
- **Consistenti**, non possono contraddirsi

- **Prioritizzati**, a volte bisogna scegliere
- **Verificabili**, con test
- **Modificabili** senza difficoltà
- **Traceable**, la loro origine è chiara

4.1 Some requirements classifications

4.1.1 Functional requirements (System Feature)

Descrivono funzionalità di sistema o di servizi, come l'input di dati, operazioni svolte, workflow, dati in output, autorizzazioni. Ad esempio, in una biblioteca, un functional requirement può essere la ricerca di libri da parte di un socio.

4.1.2 Non-functional requirements (System Feature)

Descrivono constraints di parti del sistema e del suo sviluppo. Specificano criteri per giudicare l'operato del sistema. Con l'esempio di prima, i libri devono avere un codice che rispetti lo standard ISBN, e il sistema non deve rilasciare informazioni sensibili sui soci a determinati autorizzati. Alcune metriche per questi requirements possono essere velocità, dimensione, facilità d'uso, affidabilità, robustezza, portabilità.

4.1.3 Domain requirements (System Feature)

I domain requirements derivano dal dominio dell'applicazione, ossia l'ambito in cui si lavora.

4.1.4 Volatile Requirements (Static/Dynamic Nature)

I **mutable requirements** sono requirements destinati a cambiare, come normative o tasse. Gli **emergent requirements** cambiano quando il cliente capisce di più sul sistema. I **consequential requirements** emergono con l'informatizzazione di un sistema che non lo era. I **compatibility requirements** emergono dal doversi interfacciare con altri sistemi appartenenti all'organizzazione.

4.2 Rischi

Alcuni rischi nella scrittura dei requirements possono essere:

- Imprecisioni
- Conflitti tra più requirements

4.3 Documento di specifica dei requirements

Il **documento di specifica dei requirements** specifica i requirement di sistema, includendone una definizione e una specifica. È detto **System Specification** se include direttive su hardware e software, **Software Requirements Specification** (SRS) se include il solo software. Dovrebbe seguire lo standard IEEE 830. Un SRS deve avere un'introduzione, una **descrizione generale** ed infine **le feature e i requirement**. Dovrebbe avere un formato stratificato, notazioni grafiche e termini consistenti, acronimi chiari, indice, glossario, ed uno stile non ambiguo. A tal proposito, il linguaggio naturale spesso nasconde delle insidie: mancanza di chiarezza, ambiguità, troppa flessibilità... Bisogna quindi inventare uno standard di utilizzo del linguaggio naturale, con sintassi fissa, termini chiari. Alcune keyword sono: **shall**, **should**,

can, must, may, will, might, expected to, could. Alcune alternative al linguaggio naturale possono essere un linguaggio naturale strutturato, linguaggi di descrizione del design, notazioni grafiche, notazioni formali. I rischi del processo di specifica sono una mancanza di comprensione, requirements che cambiano rapidamente, imprecisione nella stesura del documento, difficoltà nel conciliare conflitti.

5 T5 - Requirement engineering and UML

5.1 Use case diagram

Nello use case diagram includiamo tutti i casi d'uso del sistema, da parte di diversi **attori**, rappresentanti utenti, ma anche servizi o sistemi. Il **system boundary** divide l'esterno e l'interno del sistema, gli use case dagli attori. Un attore può generalizzare un altro attore. Idem per gli use case. Uno use case può contenere la funzionalità di un altro use case. Uno use case può essere usato per estendere il comportamento di un altro use case, anche con condizioni. Opzionalmente, possiamo includere le molteplicità delle relazioni.

5.2 Class diagram

Una classe è rappresentata da un rettangolo che mostra il nome della classe, e opzionalmente il nome degli attributi e delle operazioni. Il nome della classe, gli attributi e le operazioni sono separati in compartimenti. Il simbolo che precede attributi e operazioni ne indica la visibilità: + se pubblico, - se privato, # se protetto, ~ se package. Un'interfaccia è una specifica di comportamento che deve essere implementato o, più semplicemente, un **contract**. Un **template** definisce un pattern i cui parametri rappresentano tipi, e può essere applicato a classi, packages, operazioni.

5.2.1 Associazione

Un'associazione è una relazione tra elementi, che implica che uno dei due sia una variabile dell'altro. Essa è rappresentata da un connettore che può includere ruoli, cardinalità, direzione e constraints. Per più elementi, si può usare un **diamond**.

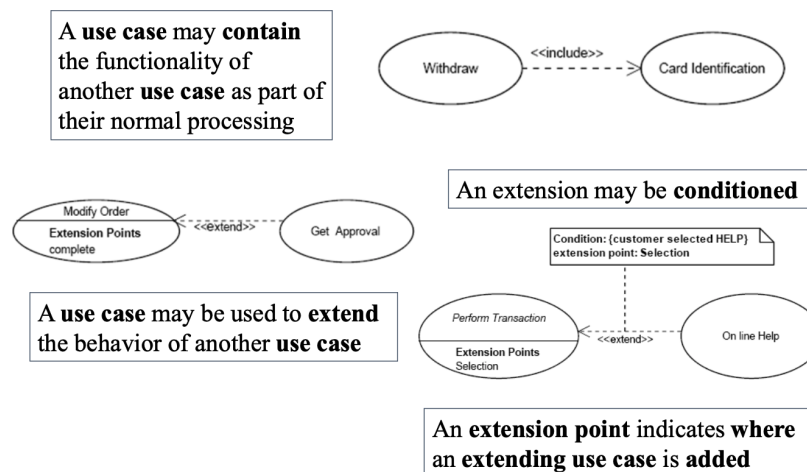


Figura 7: Extension

5.2.2 Generalization e nesting

La generalizzazione indica **ereditarietà**, disegnata come una freccia che parte dal figlio e arriva al padre. Il connettore di nesting indica che una classe è nested nella classe dove arriva l'operatore. Con ciò, intendiamo che essa è definita all'interno del target.

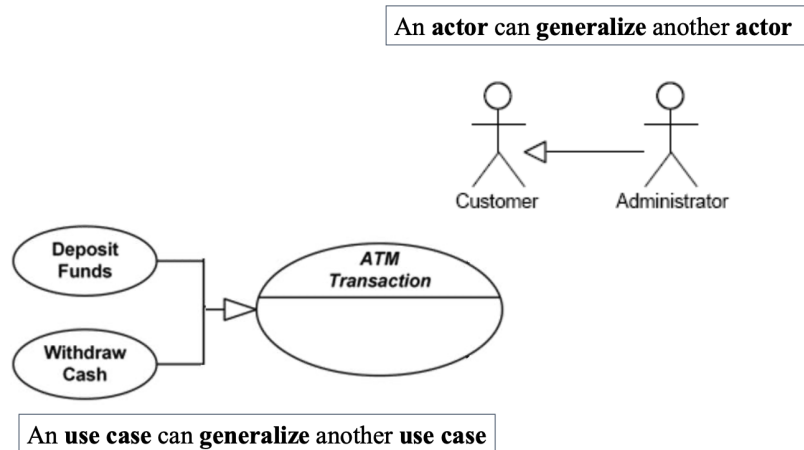


Figura 8: Generalization

5.2.3 Dipendenza e realizzazione

La **dipendenza** è una forma debole di relazione, e mostra un'interazione tra un client ed un supplier. La **realizzazione** è una relazione tra una specifica e la sua implementazione.

5.2.4 Aggregazione e composizione

L'aggregazione rappresenta elementi composti da elementi minori. È indicata da un diamante bianco che punta verso il contenitore. I componenti possono essere condivisi da più contenitori. La composizione è rappresentata da un diamante nero. Una classe di associazione rappresenta invece un'associazione più complessa, che ha operazioni e attributi.

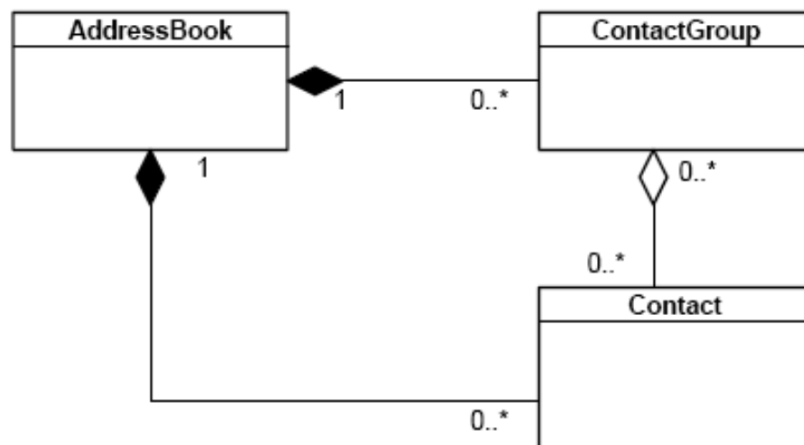


Figura 9: Aggregazione e composizione

5.3 Sequence diagram

Il sequence diagram indica, su una *lifeline* (aka *timeline*) verticale, l'interazione tra le classi. Se il nome della lifeline è *self*, la suddetta rappresenta il classifier a cui appartiene il diagramma. Una **lifeline** rappresenta un *partecipante* del sequence diagram. Possiamo avere diversi tipi di messaggi tra lifeline: sincroni, asincroni, risposte, persi, trovati, self (ricorsività). Per rappresentare logica procedurale come if, cicli, thread, usiamo i **fragment**.

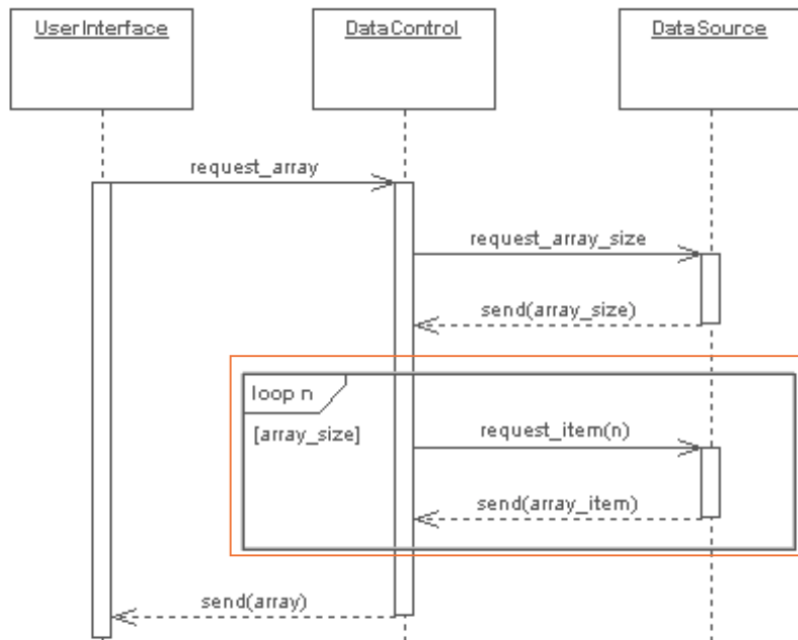


Figura 10: Sequence Diagram con fragment

5.4 Activity diagram

Un **activity diagram** è un diagramma di flusso che rappresenta un'operazione eseguita sul sistema, con decisioni, I/O, fork/join, timeout/segnali, concorrenza. Possiamo raggruppare alcune attività *related*. Alcuni esempi di activity diagrams strani:

- **State machine diagram**, che dà indicazioni a livello hardware
- **Choice and Junction pseudo state**
- **Compound state** tramite il quale possiamo separare alcune parti del diagramma e "includerle"
- **History state and concurrent regions**, con il primo indichiamo un salvataggio dello stato, col secondo due frazioni di diagramma che si svolgono contemporaneamente

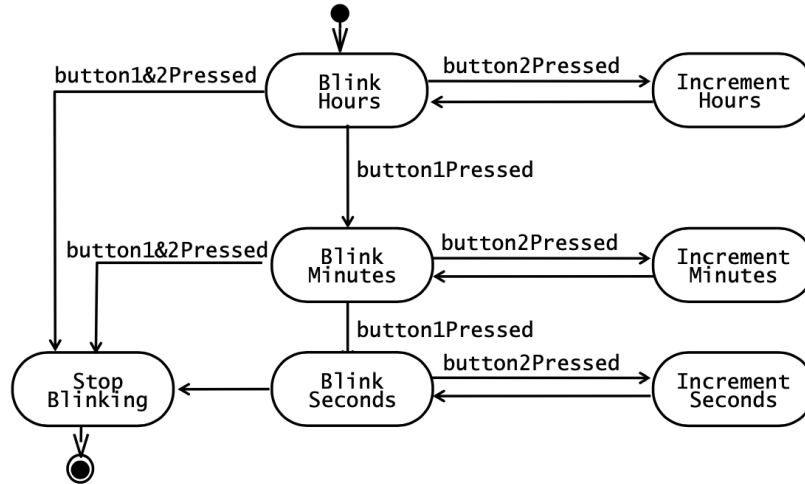


Figura 11: State machine diagram

5.5 Robustness diagram

Il **robustness diagram** è un UML semplificato che ha lo scopo di raffinare gli use case, verificandone correttezza, completezza e requisiti. Presenta tre **object nodes**:

- **Boundary**, che permette la comunicazione tra attori e sistema
- **Control**, intermediario tra boundary ed entity, implementa la logica che gestisce i vari elementi e le loro interazioni
- **Entity**, rappresenta un'unità informativa del sistema

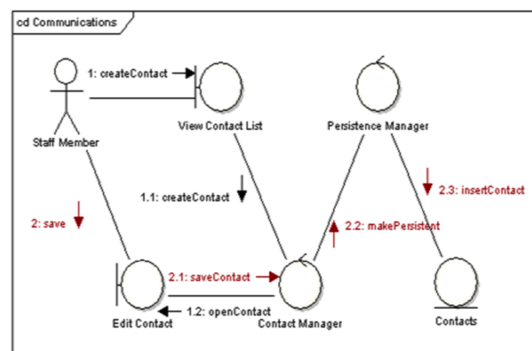


Figura 12: Robustness communication diagram

6 T6 - Feasability and requirements elicitation

Per ottenere le informazioni necessarie, dobbiamo identificare le fonti, acquisire le informazioni, analizzarle e verificarle. Infine, vanno sintetizzate. I vari stakeholder *aka le persone interessate* possono essere così categorizzati con i loro interessi;

- **Stakeholder**, interessato nel progetto

- **Developer**, alta produttività, mancanza di errori, minore sforzo possibile
- **Marketing sales**, soddisfazione del cliente e vendite
- **Project management**, budget, scadenze
- **Investor**, velocizzazione del processo
- **Customer and user**, usabilità e workflow

6.1 Tecniche di elicitation

(elicitation = tirare fuori le informazioni)

6.1.1 Document analysis

Bisogna preparare i documenti che possono essere adatti e rilevanti, studiarli, annotare informazioni ed elencare le domande al riguardo. Infine, assieme agli stakeholder, verificare le note, organizzare i requirement e rispondere alle suddette domande. Questa tecnica può essere sfruttata quando non c'è presenza degli stakeholder, o per il cross-checking.

6.1.2 Observation of the work environment

L'obiettivo è determinare **chi, cosa, dove, quando, perché e come**. Bisogna ottenere il permesso dai supervisori, informare gli osservati, prendere appunti, evitare di disturbare ma al tempo stesso non dare nulla per scontato. I dati ottenuti sono molto affidabili.

6.1.3 Questionario

Serve determinare i fatti e le opinioni necessarie, in secundis, da chi reperirli. Determinare quindi le domande, aperte o chiuse, da fare. Può essere conveniente "testare" il questionario su un gruppo piccolo, per poi metterlo a posto e presentarlo a tutti. Questa tecnica restituisce molti dati, è facile da attuare ed affidabile. Non c'è però interazione, e si rischiano risposte incomplete.

6.1.4 Interviste

Bisogna, prima di tutto, decidere chi intervistare. In seguito, preparare le domande e porle all'intervistato, con un linguaggio chiaro. Conviene prendere appunti e memo. Questo è un metodo ottimo perché permette di verificare i fatti, coinvolgendo gli end user. Non è però adatto a comprendere i domain requirements.

6.1.5 Scenarios and use cases

Essi sono esempi IRL di come il sistema verrà usato, basati su situazioni reali su cui gli stakeholder hanno senz'altro qualcosa da dire. Gli **scenari** sono semplicemente forme strutturare di user stories. Per gli use cases usiamo UML. Queste tecniche sono semplici ed utili, anche per sistemi complessi. È però difficile capire quando fermarsi, e soprattutto non sono utili a capire i **non-functional requirements**.

6.2 Attività di supporto all'elicitation

6.2.1 Brainstorming

Composto di due fasi, la prima di **storm** in cui si generano le idee, la seconda **calm** in cui vengono filtrate. Necessari due ruoli chiave: uno **scribe** ed un **moderatore**. Nel filtraggio delle idee è fondamentale: unire idee simili, applicare i criteri di accettabilità, votare con una soglia o votare con dei *campaign speeches*.

6.2.2 Focus group

Concetto simile al brainstorming ma più strutturato, esplora pro e contro di determinate opzioni. Fondamentale un moderatore.

6.2.3 Prototypes

Si mostra l'esecuzione di una task, si identificano le alternative, si cerca di estrapolare i possibili problemi.

7 T7 - Use Cases

Gli **use case** sono scenari che sfruttano diagrammi UML, descrivono le task del sistema e l'interazione con gli attori. Non sono mappati one-to-one coi requirements, ma ogni requirement deve essere coperto da almeno uno use case. Gli use case sono quindi composti da use case diagrams, descrizioni testuali, ed interaction diagrams (opzionali). Per identificare gli actor bisogna definire prima i boundary, poi gli utenti, l'hardware, i ruoli. Per identificare gli use case bisogna prima identificare il dominio. Vanno poi annotati come verbi rappresentanti le azioni. Per l'identificazione degli scenari, bisogna comprendere la situazione iniziale e il flusso di eventi. È utile capire cosa può andare male, e tutti i flussi alternativi. Infine, consideriamo la situazione finale. Uno use case deve avere un singolo attore iniziante, pochi step, non deve includere scelte implementative, può includere UML. Bisogna poi dare una priorità ai vari use case, in base all'impatto, la difficoltà, la necessità.

7.1 Componenti principali

Uno use case deve definire lo stato iniziale e le precondizioni. Deve definire l'ordine degli eventi, le alternative, le situazioni eccezionali, e i risultati. Deve inoltre menzionare gli attori coinvolti, i diagrammi related, i problemi di design. Alcune guidelines:

- Non pensare al lato implementativo
- Essere narrativi
- Elencare gli scenari funzionanti
- Elencare tutti i possibili use case
- Utilizzare un formato standard
- Utilizzare i verbi appropriati
- Documentare le situazioni eccezionali
- Non rappresentare singoli step come use cases

Name	The Use Case name. Typically the name is of the format <action> + <object>.
ID	An identifier that is unique to each Use Case.
Description	A brief sentence that states what the user wants to be able to do and what benefit he will derive.
Actors	The type of user who interacts with the system to accomplish the task. Actors are identified by role name.
Organizational Benefits	The value the organization expects to receive from having the functionality described. Ideally this is a link directly to a Business Objective.
Frequency of Use	How often the Use Case is executed.
Triggers	Concrete actions made by the user within the system to start the Use Case.
Preconditions	Any states that the system must be in or conditions that must be met before the Use Case is started.
Postconditions	Any states that the system must be in or conditions that must be met after the Use Case is completed successfully. These will be met if the Main Course or any Alternate Courses are followed. Some Exceptions may result in failure to meet the Postconditions.
Main Course	The most common path of interactions between the user and the system. 1. Step 1 2. Step 2
Alternate Courses	Alternate paths through the system. AC1: <condition for the alternate to be called> 1. Step 1 2. Step 2 AC2: <condition for the alternate to be called> 1. Step 1
Exceptions	Exception handling by the system. EX1: <condition for the exception to be called> 1. Step 1 2. Step 2 EX2 <condition for the exception to be called> 1. Step 1

Figura 13: Use case template

8 T8 - Requirements Analysis

L'analisi dei requirements raffina e struttura i requisiti in modo da renderli più chiari, precisi e formali. Esso definisce l'*analysis model*, che raffina la descrizione informale dei requirement e la converte in diagrammi di flusso. Il suddetto non è un modello di design, ed è indipendente dalla piattaforma. Descrive le funzionalità che il sistema deve realizzare.

8.1 Analysis Classes

Il concetto è quello di astrarre le entità del problema. Bisogna gestire i functional requirements (i non-functional sono gestiti nel **design architetturale**). Incorpora un set minimale di **responsabilità**. Questa analisi è rappresentata con digrammi di classe.

8.2 Classes discovering techniques

Esistono diverse tecniche atte a scovare le classi coinvolte. Procediamo ad elencarne le più importanti.

8.2.1 Noun verb analysis

Questa analisi sfrutta i documenti contenenti le specifiche di progetto, cercandovi nomi e verbi. Pare ovvio che la completezza dei documenti è fondamentale. La qualità dipende anche dallo stile di scrittura dei requisiti.

8.2.2 Use case driven approach

Questo approccio sfrutta gli scenari di use case, e dipende quindi dalla correttezza dei suddetti.

8.2.3 Common Class Patterns

Quest'analisi si basa sulla teoria della **classificazione generica degli oggetti**. Essa fornisce delle linee guida, ma non un processo sistematico atto ad ottenere le classi. Porta diversi rischi, tra cui quello di possibili interpretazioni errate dei nomi.

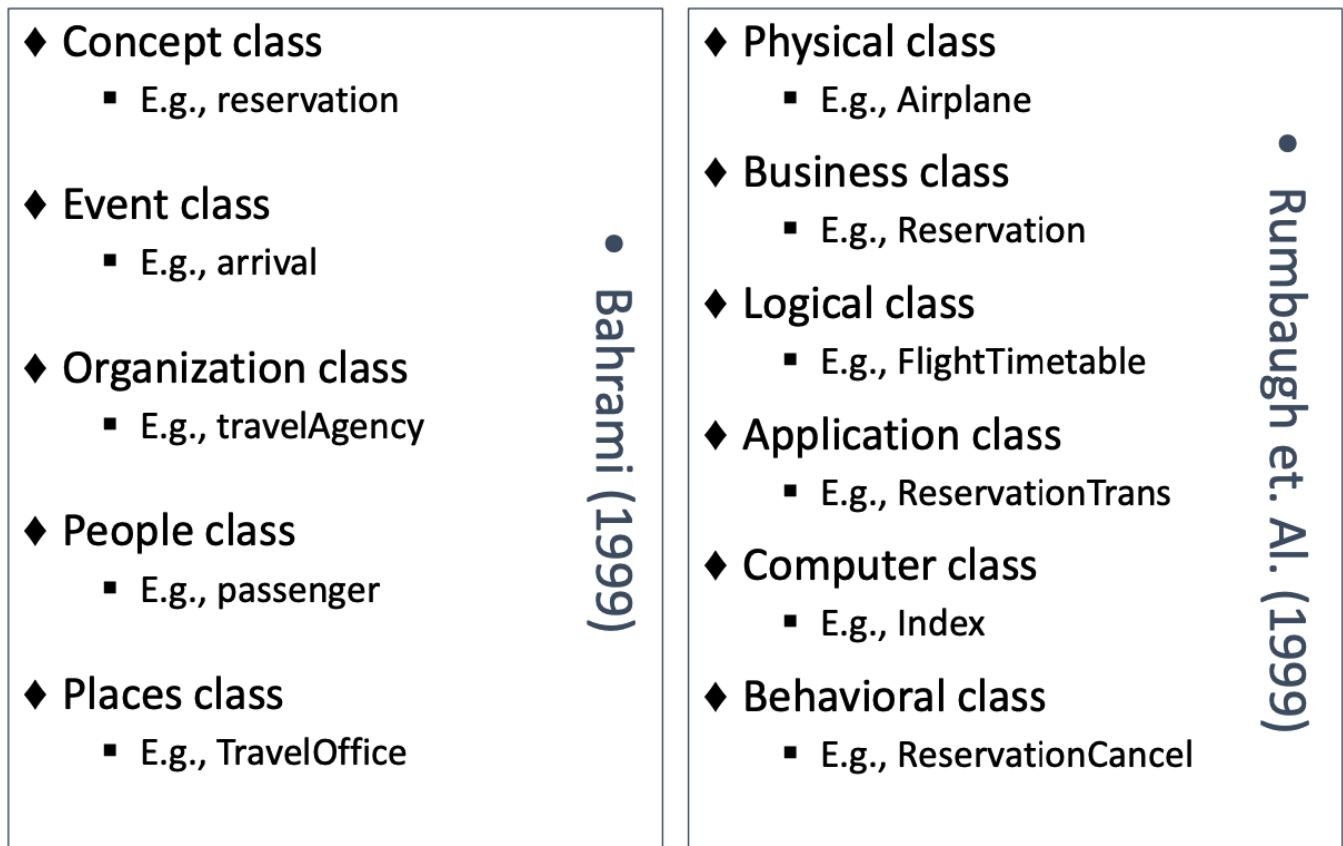


Figura 14: Common Class Patterns

8.2.4 CRC Cards

Le **CRC Cards** sono utilizzate in specifiche sessioni di brainstorming. Generalmente si parte dagli use cases, e si creano delle card con:

- Class name
- Responsibilities
- Collaborators

Non viene fornito un metodo sistematico, e per questo le CRC cards sono piuttosto un mezzo di validazione dei requirements.

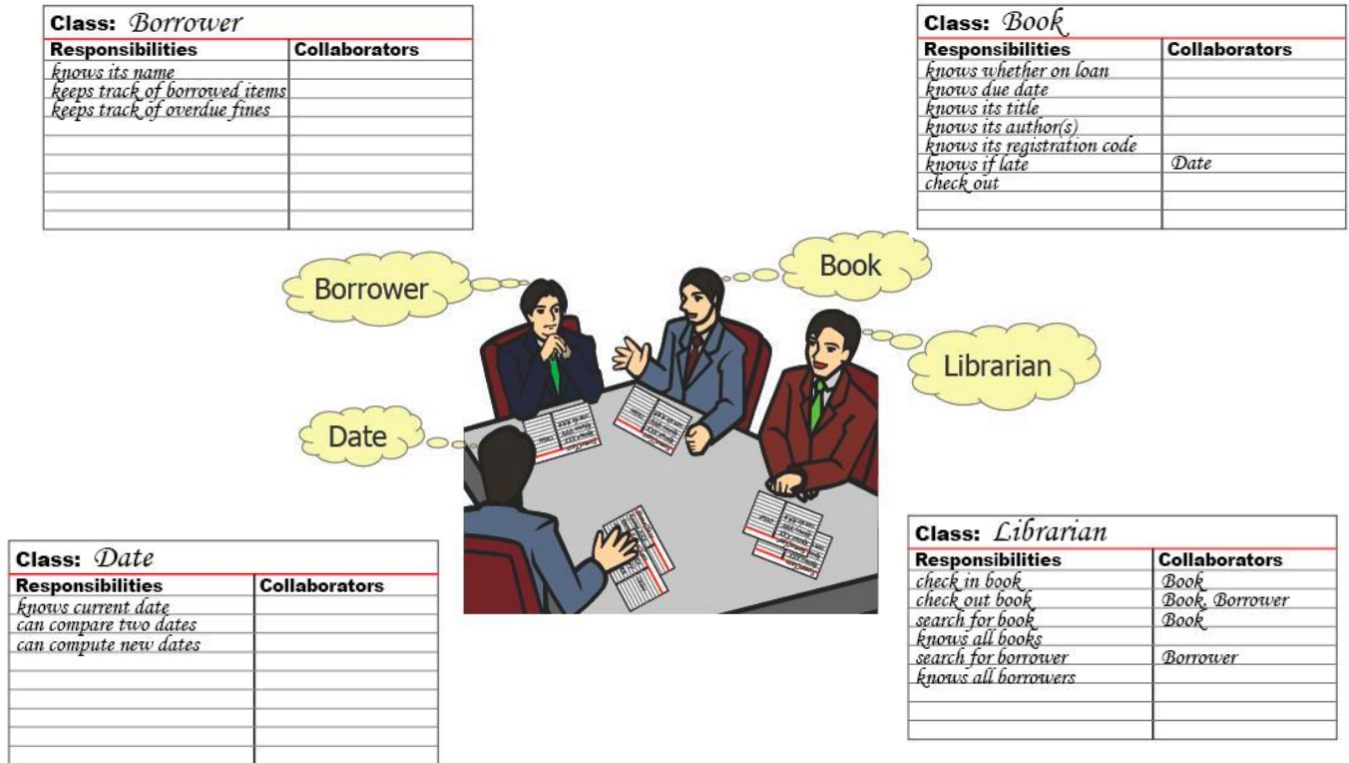


Figura 15: CRC Cards

Gli achievement di questo metodo sono:

- Verificare la correttezza dello use case
- Verificare la correttezza delle associazioni
- Verificare la correttezza delle generalizzazioni
- Trovare le classi omesse
- Scovare opportunità di refactor

8.3 Mixed approach

Come sempre, la via di mezzo è quella vincente:

1. Le classi iniziali provengono dalla conoscenza del dominio
2. Si sfrutta, come guida, il common class pattern
3. Per aggiungere altre classi, noun verb analysis
4. Per verificare il lavoro, Use Case approach
5. Per il brainstorming, CRC

9 T9 - Requirements Validation and Management

9.1 Validation

La validazione consiste nel verificare la correttezza dei requirement, con due obiettivi principali: **completezza** e **costi**. Inoltre:

- **Consistency**: assenza di conflitti
- **Realism**: possono essere effettivamente implementati?
- **Verifiability**: possono essere verificati?

La review dei requirement dovrebbe essere svolta continuamente durante la loro stesura. Essa deve essere svolta sia dal progettista che dal cliente. Alcuni issue da verificare sono:

- Verifiability: il requirement è testabile?
- Comprehensibility: il requirement è stato compreso correttamente?
- Traceability: l'origine del requirement è chiara?
- Adaptability: i requirement possono essere cambiati senza impatti sul resto?

◆ Requirement

Does D1 and D2 and D3 and S \Rightarrow R?

- (R) Reverse thrust shall only be enabled when the aircraft is moving on runway

Are the domain assumptions (D) right?

◆ Domain Properties

Are (R) or (S) what is really needed?

- (D1) Deploying reverse thrust in mid-flight has catastrophic effects
- (D2) Wheel pulses are on if and only if wheels are turning
- (D3) Wheels are turning if and only if the plane is moving on the runway

◆ System specification

D3 is false because the plane may hydroplane on wet runway

- (S) The system shall allow reverse thrust to be enabled if and only if wheel pulses are on

Figura 16: Esempio di requirement review

9.2 Requirements management

Si verificano errori, conflitti ed inconsistenze. Vanno tenuti in conto i lati tecnici, la schedule, i costi, seguendo le priorità del cliente. Va quindi stimato il costo del progetto, controllata la requirements volatility, negoziati i cambiamenti, ri-stimati i costi. L'interesse è soddisfare il cliente, rimanendo nel budget. Le necessità del requirement management sono:

- Identificazione dei requirement
- Un processo di modifica
- Policy di tracciabilità
- Supporto del CASE tool

9.2.1 CASE tool support

I requirement devono essere salvati in una zona sicura. Il change management deve essere un processo di workflow con passaggi definiti, e, se possibile, automatizzati. *Immaginatelo come un Github Actions, ma nel '95*. Deve inoltre esserci un'automatizzazione dei link tra requirement, rinforzando la tracciabilità.

9.2.2 Identificazione dei requirement

I requirement devono essere identificati univocamente. Potremmo quindi numerare capitoli/sezioni, ma *fa un po' schifo come approccio*. Per questo, sfruttiamo una numerazione dinamica, identificante i record nel DB. Potremmo sfruttare un'identificazione simbolica, con, ad esempio, sigle. *Se usi degli issue tracker, è lo stesso concetto dei codici tra quadre*.

9.2.3 Stati dei requirement

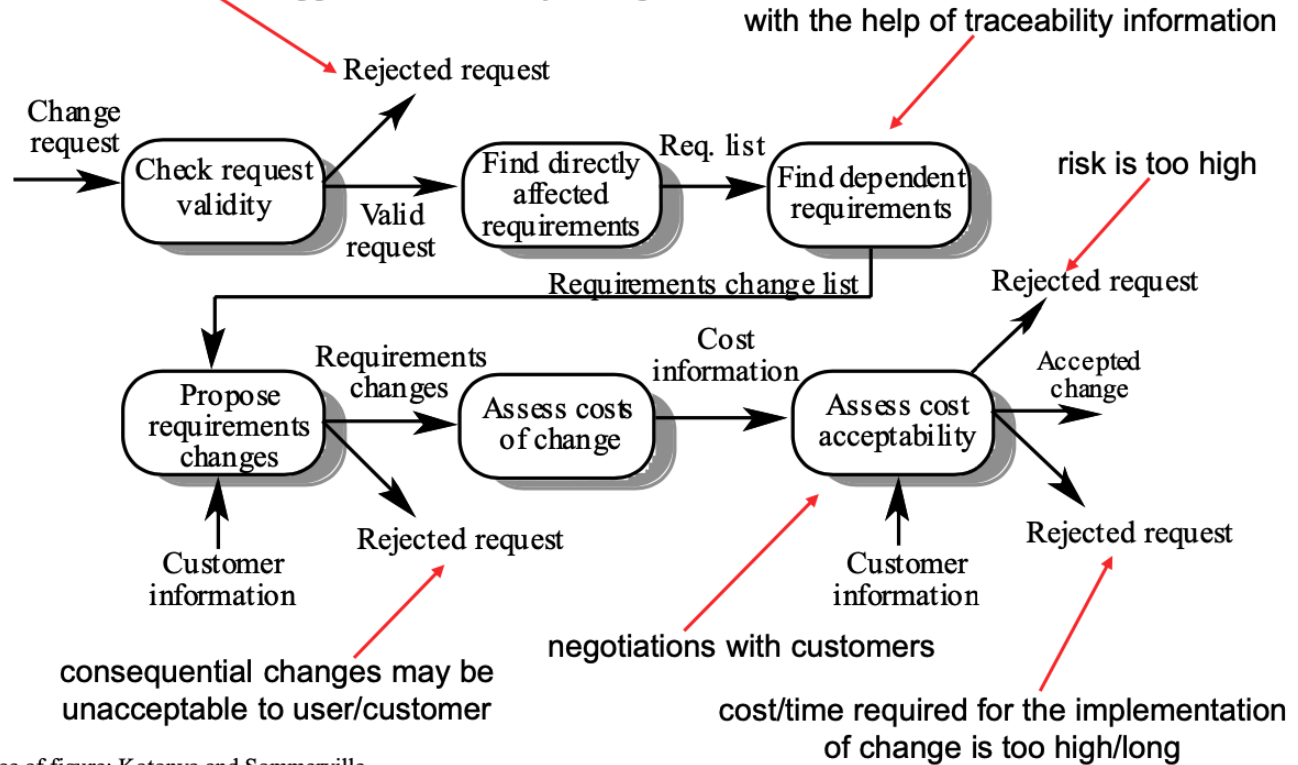
I requirement possono avere degli stati (*Anche qui, aver usato issue tracker può chiarire il concetto*):

- Proposed
- Approved
- Rejected
- Implemented
- Verified
- Deleted

9.2.4 Change management

È una buona idea implementare un version control dei requirement, per poter tracciare i cambiamenti. Prima di modificare un requirement, è importante analizzare il problema, i costi, e le specifiche.

customers may misunderstand requirements and their context and suggest unnecessary changes



Source of figure: Kotonya and Sommerville

Figura 17: Change management diagram

9.3 Traceability

Lo sviluppo produce relazioni: predecessore-successore, master-subordinate. È fondamentale identificare queste relazioni ed il loro grado, allo scopo di tenere traccia dei *path* nelle gerarchie. Alcuni esempi di traceability:

- User needs → Product features
- Requirements → Implementation
- Use case → Test case

Distinguiamo tra vari tipi di traceability:

- **Source:** la persona o il documento che hanno richiesto il requirement
- **Rationale:** fonte delle informazioni che descrivono le motivazioni del requirement
- **Requirements:** alcuni requirement sono collegati ad altri, da cui dipendono
- **Architecture:** collega i requirement ai sottosistemi in cui sono implementati
- **Design:** collega i requirement con specifici software/hardware necessari all'implementazione
- **Interface:** collega l'interfaccia di sistemi esterni che hanno reso necessario il requirement

- **Feature:** collega il requirement ai suoi componenti
- **Tests:** collega il requirement ai test cases che lo verificano
- **Code:** generalmente non stabilito direttamente, ma può essere implicato

Nella tracciabilità, si può incappare in diversi issue:

- Gli stakeholder richiedono informazioni diverse
- Elevata quantità di informazioni richieste
- Problemi nel management manuale
- Necessità di tool specializzati
- Problemi di integrazione

9.3.1 Traceability Planning

Elementi fondamentali al planning sono:

- Tipi di stakeholder
- Informazioni richieste
- Dove e da chi raccogliere informazioni
- Dove e come mantenere le informazioni
- Dove e come cercare le informazioni

Abbiamo inoltre dei constraints al planning:

- **Numero di requirements:** maggiore è il numero di requirement, più sono necessarie delle policy formali di tracciabilità
- **Expected system lifetime:** in caso di lunghi tempi di vita, sono necessarie policy di tracciabilità più comprensive
- **Livello di maturità dell'organizzazione:** in organizzazioni con un'elevata maturità di processo vengono usate policy più dettagliate
- **Dimensioni di progetto e team:** maggiori le dimensioni, maggiore la formalità richiesta
- **Tipo di sistema:** sistemi critici come quelli real-time, o richiedenti sicurezza, hanno bisogno di policy di tracciabilità migliori
- **Constraint aggiuntivi del cliente:** il cliente può necessitare constraint vari, ad esempio standard militari

I più svegli di voi si chiederanno perché passo dalla lezione 9 alla 12. La risposta è semplice, la 10 e la 11 sono dei doppioni di 8 e 9.

12 T12 - Object Constraint Language

I diagrammi UML spesso non sono abbastanza raffinati per descrivere tutti i constraint sulle relazioni tra entità. Per questo, spesso, essi sono espressi tramite il linguaggio naturale, coi soliti problemi di ambiguità, o con un linguaggio formale, non comprensibile ai più. L'**Object Constraint Language** fa parte delle specifiche UML, ed è un linguaggio formale con sintassi e semantiche definite. Permette di descrivere espressioni e constraint tramite modelli object-oriented. È semplice da leggere e fu sviluppato da niente meno che **IBM**. Può essere utilizzato in vari modi:

- Come query language
- Per specificare constraint su classi e tipi
- Per specificare constraint su operazioni
- Per specificare target su messaggi e azioni
- Per definire espressioni utili alla navigazione tra modelli UML
- Per testare requirement e specifiche

Definiamo tra 3 data types: quelli basic, quelli user-defined e le collection. È possibile eseguire operazioni booleane, operazioni reali/interi. Sono disponibili vari tipi di collection, tra cui nominiamo i set, gli ordered set, le bag (*no, non quelle bag*), in cui gli elementi possono essere ripetuti, e le sequenze, che sono bag ordinate. Le collection hanno delle operazioni (le classiche operazioni da collection), come **size**, **isEmpty**, **notEmpty**, **sum**, **count**, **includes**, **includesAll**.

12.1 Model types

I **model types** sono classi, subclasses, classi di associazione, interfacce, enumerazioni. Hanno proprietà, come attributi, metodi, navigazioni (derivate dalle associazioni), enumerazioni. Possono essere inoltre *referenziate* in espressioni OCL.

12.2 Operazioni, espressioni, constraints

Abbiamo alcune operazioni di base, come **oclIsTypeOf**(type: OclType), o **oclIsKindOf**. Ogni espressione, contenente operazioni query, restituisce un risultato. Il tipo dell'espressione è il tipo del risultato. Un constraint è semplicemente un'espressione booleana. I constraint sono quindi restrizioni su uno o più valori di un modello/sistema object-oriented. Sono dichiarativi, non hanno *side effects*, ed hanno sintesi formale e semantiche. Perché si usano?

- Migliore documentazione
- Più precisione
- Comunicazione senza ambiguità

Abbiamo svariati tipi di constraint:

- **Invariant**: deve essere vero quando l'istanza è a riposo
- **Pre-condition**: deve essere vero quando un'operazione è invocata
- **Post-condition**: deve essere vero dopo il completamento di un'operazione

- **Guard:** deve essere vero prima che una transazione possa accadere, quindi è una specie di pre-condition

La sintassi è semplice: `[termine del constraint][nome del constraint]:[espressione booleana]`. I termini per i constraint suddetti sono `inv`, `pre`, `post`, `pre/post...implies oclInState`.

13 T13 - Design Process

Il **design process** è il processo che permette di trovare come implementare il sistema, partendo dai requirements e tenendo conto dei **design general principles**. L'obiettivo è un **modello** ragionevole e realizzabile.

13.1 Linee guida

- Esibire un'organizzazione modulare che fa un uso intelligente di controllo tra i componenti
- Partizionare logicamente in componenti che realizzano compiti
- Descrivere sia dati, che procedure
- Arrivare ad interfacce che riducono la complessità
- Derivare utilizzando un metodo ripetibile che fa uso delle informazioni dei requirements

Un buon design deve implementare tutti i requirement espliciti del modello di analisi, e tutti quelli impliciti desiderati dal cliente. Dev'essere leggibile e comprensibile, sia per chi scrive codice, sia per chi lo testa e supporta. In generale, dovrebbe dare un'immagine generale del software, indicandone i dati, i domini funzionali e *behavioral* dal punto di vista dell'implementazione.

13.2 Stadi del design process

Il primo passo è la **comprensione del problema**, che richiede di osservare il problema da punti di vista differenti, per riconoscere i design requirements. Il secondo è **identificare una o più soluzioni**, valutando quelle possibili e scegliendo la più appropriata, in base all'esperienza del designer ed alle risorse disponibili. Il design process è un **processo iterativo ed incrementale**.

13.3 Design as series of decisions

Il design può essere visto come una serie di decisioni, scomponendolo in più sottoproblemi, ognuno dei quali presentante diverse soluzioni, tra cui bisogna decidere. Alcuni tradeoff possono essere:

- Funzionalità vs. Usabilità
- Costo vs. Robustezza
- Efficienza vs. Portabilità
- Velocità di sviluppo vs. Funzionalità
- Costo vs. Riutilizzabilità
- Compatibilità col vecchio vs. Leggibilità

Gli step per le priority based decision sono:

1. Elencare le alternative possibili
2. Elencare i pro e i contro di ogni alternativa, rispetto agli obiettivi e alle priorità
3. Determinare se alcune alternative impediscono il raggiungimento degli obiettivi
4. Scegliere l'alternativa che permette di coprire più obiettivi
5. Aggiustare le priorità per le decisioni future

Alcuni strumenti utilizzabili durante questo processo sono la *concept table*, la *concept fan*, la *decision matrix*.

13.3.1 Approcci

Abbiamo tre possibili tipi di approccio:

- Approccio **top-down**: prima, si *designa* la struttura di alto livello del sistema, poi si prendono le decisioni man mano più specifiche
- Approccio **bottom-up**: qui, prima si decidono le utilities di basso livello riutilizzabili, poi il modo di integrarle insieme
- Approccio **mixed**: si utilizza il *top-down* per decidere la struttura, ed il *bottom-up* per i componenti riutilizzabili

13.3.2 Attività, rischi e obiettivi

Distinguiamo tre attività nel design:

- Design dell'architettura, dove si decidono i sottosistemi ed i componenti e la loro interazione
- USer interface design
- Component/class design, dove si decidono le strutture dati ed i meccanismi computazionali

Il design è però un'attività che richiede notevole esperienza, e pertanto un solo ingegnere non dovrebbe mai tentare il design di sistemi grandi, ma piuttosto studiare quelli di altri sistemi. Infatti, un cattivo design potrebbe portare a manutenzione costosa, mentre un buon design dovrebbe essere tenuto in conto per tutta la vita del software, in modo flessibile, documentato, e con una buona gestione delle modifiche. In conclusione, un buon design è **flessibile, dettagliato al punto giusto, ben documentato**, e con **un buon change management**.

14 T14 - Design concepts

Un sistema software ha diversi, possibili, problemi:

- **Rigidità**: quando il codice è difficile da cambiare, il management è riluttante al cambiamento
- **Fragilità**: quando anche cambiamenti minimali creano effetti a cascata, rompendo il codice in punti inaspettati
- **Immobilità**: il codice è così intricato da rendere impossibile il riutilizzo di componenti, che sarebbe più costoso della realizzazione da zero
- **Viscosità**: molto più semplice l'hack del mantenimento del design originale

14.1 Software design concepts

14.1.1 Abstraction

L'**astrazione** permette di focalizzarsi su aspetti importanti di un problema ad un livello particolare, senza l'offuscamento dovuto a dettagli non importanti. Permette la descrizione di un sistema come struttura a livelli

14.1.2 Refinement

Il raffinamento (?) è un processo top-down dove, in ogni passo, una o più istruzioni sono decomposte in istruzioni più dettagliate, partendo da una specifica di alto livello e dividendola in sottoproblemi ricorsivamente ,finché i sottoproblemi non hanno soluzioni immediate. Questo non è appropriato per sistemi di larga scala o distribuiti, ma piuttosto per il design di metodi.

14.1.3 Information hiding

Il design richiede una serie di decisioni, e per ognuna di queste, dobbiamo chiederci chi deve sapere e chi no. L'information hiding è strettamente legato a:

- **Abstraction**: se qualcosa è nascosto, l'utente può astrarre da quell'informazione *Scusate*.
- **Coupling**: un segreto diminuisce il coupling tra un modulo ed il suo environment
- **Cohesion**: il segreto è ciò che unisce le parti del modulo

14.1.4 Modularity

La modularità è basata sull'integrazione di componenti separati in moduli, per risolvere requirements di problemi. È basata sull'uso di unità linguistiche modulari, poche interfacce semplici ed esplicite, offuscamento delle informazioni. Un metodo di design può essere detto modulare solo se supporta:

- **Decomposability**: un problema software può essere diviso in un piccolo numero di piccoli sottoproblemi connessi da una struttura semplice, ed abbastanza indipendenti da permettere lavoro separato su ogni componente.
- **Composability**: alcuni elementi software possono essere combinati tra loro per produrre nuovi sistemi, possibilmente in ambienti diversi da quello di sviluppo
- **Understandability**: un lettore umano può comprendere ogni modulo senza dover conoscere gli altri, o conoscerne una minima parte
- **Continuity**: una piccola modifica nella specifica modificherà un solo modulo, o una minima parte
- **Protection**: l'effetto di una condizione anormale durante l'esecuzione coinvolgerà un solo modulo, o verrà propagata ad una minima parte

I principi per il design modulare sono: **linguistic modular units** (i moduli devono corrispondere alle unità del linguaggio, come pacchetti o moduli), **poche interfacce**, **poco scambio di informazioni tra moduli**, **interfacce esplicite** (se due moduli comunicano, dev'essere ovvio), **information hiding**(tutte le informazioni di un modulo dovrebbero essere private, se non specificatamente dichiarato il contrario, e per l'accesso bisogna utilizzare interfacce).

14.1.5 Cohesion

La coesione misura la *chiusura* di una relazione tra elementi di un componente/classe. Una coesione forte è desiderabile perché semplifica le correzioni, le modifiche, le estensioni, riduce il testing e promuove il riutilizzo. Abbiamo più livelli di coesione (dal più basso al più alto):

- **Coincidental:** gli elementi non hanno relazioni ma sono uniti per convenienza
- **Logical:** elementi che svolgono funzioni simili (input simile, error handling)
- **Temporal:** elementi che sono attivati allo stesso tempo e hanno avvio e fine comuni
- **Procedural:** elementi che compongono una singola sequenza di controllo
- **Communicational:** elementi che operano sullo stesso input o producono lo stesso output
- **Sequential:** elementi che condividono o operano sugli stessi dati (l'output di uno è l'input dell'altro)
- **Functional:** elementi che sopperiscono a un singolo functional requirement
- **Object:** solo operazioni tra oggetti permettono modifiche o ispezioni agli oggetti

14.1.6 Coupling

Misura l'interconnessione tra moduli. Quando è debole, i moduli sono fortemente indipendenti. Livelli di coupling dal più debole al più forte:

- **No direct:** nessuna dipendenza
- **Data:** solo i dati necessari sono passati come argomenti
- **Stamp:** le strutture dati sono passate per lista di argomenti e solo una parte è utilizzata
- **Control:** si interfaccia passando flags e altri parametri
- **External:** è legato a device o device drivers
- **Premature:** utilizza numeri o altri valori attraverso il programma
- **Content:** modifica gli statement/dati dell'altro modulo o si ramifica nel mezzo di un modulo

Il tradeoff qui è:

- **Coupling elevato:** i componenti sono difficili da comprendere autonomamente, le modifiche causano problemi negli altri moduli, il riutilizzo è scoraggiato. In compenso, migliori performance
- **Coupling ridotto:** aumenta i costi in performance, ma è più veloce da sviluppare e mantenere.

15 T15 - Object oriented design principles

Illustriamo in questa lezione i principi **SOLID**.

15.1 Principi dell'Object-Oriented Design

15.1.1 SRP - Single Responsibility Principle

Il principio di singola responsabilità afferma che una classe deve avere una sola ragione di cambiare. Le modifiche ai requirements solitamente si mappano sulle responsabilità. Più responsabilità equivalgono a più probabilità di cambiare. Le responsabilità nella stessa classe sono coupled. Tante classi con responsabilità distinte equivalgono a un design più flessibile.

In programming, the Single Responsibility Principle states that every module or class should have responsibility over a single part of the functionality provided by the software.

15.1.2 OCP - Open Closed Principle

Un modulo o componente dev'essere **aperto verso l'estensione**, ma **chiuso verso la modifica**. In questo modo, si possono aggiungere nuovi comportamenti, ma le modifiche non sono richieste. Ogni modifica può introdurre bug e richiede lavoro addizionale. Al contrario, scrivere nuove classi più difficilmente genera problemi.

In programming, the open/closed principle states that software entities (classes, modules, functions, etc.) should be open for extensions, but closed for modification. If you have a general understanding of OOP, you probably already know about polymorphism. We can make sure that our code is compliant with the open/closed principle by utilizing inheritance and/or implementing interfaces that enable classes to polymorphically substitute for each other.

15.1.3 Liskov Substitution Principle

Le subclasses dovrebbero essere sostituibili dalle loro base classes: le classi derivate devono onorare i contratti delle loro classi base, estendendone le funzionalità senza modificarle. Altrimenti, le classi derivate producono effetti indesiderati quando usate con moduli esistenti.

More generally it states that objects in a program should be replaceable with instances of their subtypes without altering the correctness of that program.

15.1.4 ISP - Interface Segregation Principle

Avere multiple interfacce client-specific è molto meglio di averne una generica. In questo modo, le interfacce sono semplici e focalizzate. Per questo è consigliabile un refactor delle interfacce grandi in più sottointerfacce, in modo da non forzare il client a dipendere da cose di cui non ha bisogno.

In programming, the interface segregation principle states that no client should be forced to depend on methods it does not use. Put more simply: Do not add additional functionality to an existing interface by adding new methods. Instead, create a new interface and let your class implement multiple interfaces if needed.

15.1.5 DIP - Dependency Inversion Principle

I moduli di alto livello non dovrebbero dipendere da moduli di basso livello. Entrambi dovrebbero dipendere da astrazioni. Le astrazioni non devono dipendere da dettagli, ma i dettagli dovrebbero dipendere da astrazioni. Bisognerebbe inoltre evitare di derivare, associare o dipendere da classi concrete o componenti.

15.2 Principi di package cohesion

15.2.1 REP - Release/Reuse Equivalency Principle

L'unità di riuso è l'unità di release: il codice non dovrebbe essere riutilizzato ricopiandolo e incollandolo. In questo modo, una modifica alla libreria originale verrebbe persa. Invece, il codice dovrebbe essere inserito tramite una release della libreria, in modo da poterla mantenere aggiornata. Un pacchetto costituito da classi riutilizzabili è più utile e riutilizzabile a sua volta. Pacchetti che non c'entrano nulla non dovrebbero essere inclusi.

15.2.2 CCP - Common Closure Principle

Le classi che cambiano insieme, devono stare insieme: questo minimizza l'impatto delle modifiche. Le classi dovrebbero essere *packaged* con coesione, indirizzando la stessa area funzionale o comportamentale, ed essendo inseparabili ed interdipendenti.

15.2.3 CRP - Common Reuse Principle

Le classi che non sono riutilizzabili insieme non dovrebbero essere raggruppate, quelle raggruppate dovrebbero cambiare per gli stessi motivi.

15.3 Package Coupling Principles

15.3.1 ADP - Acyclic Dependencies Principle

Non bisogna permettere cicli nel grafico delle dipendenze. Non bisogna interferire con i programmatori. *Sono gente cattiva.*

15.3.2 SDP - Stable Dependencies Principle

Le dipendenze tra componenti dovrebbero essere nella direzione della stabilità: un componente deve dipendere solo da componenti più stabili. Ogni volta che un pacchetto cambia, tutti i pacchetti che ne dipendono devono essere validati per assicurare che lavorino correttamente dopo la modifica. Più pacchetti dipendono da un pacchetto instabile, più grande è il danno quando cambia.

15.3.3 SAP - Stable Abstractions Principle

Un pacchetto dev'essere tanto più astratto quanto è stabile. I pacchetti astratti dovrebbero essere responsabili e indipendenti, quelli concreti irresponsabili e dipendenti. Un'architettura ideale ha la seguente struttura: pacchetti instabili in cima, pacchetti stabili alla base.

15.4 Attività per un buon design

- **Dividi e conquista:** avere a che fare con qualcosa di grande tutto in una volta è molto più difficile di avere a che fare coi sottoproblemi.
- **Aumentare la coesione** quando possibile: un sistema con alta coesione tiene insieme cose che devono stare insieme e tiene fuori il resto
- **Ridurre il coupling**, ossia le interdipendenze tra moduli
- **Aumentare l'astrazione** il più possibile, allo scopo di nascondere i dettagli e ridurre la complessità

- **Aumentare la riutilizzabilità** quando possibile
- **Riutilizzare design e codice esistenti**
- Pensare alla **flessibilità**: anticipare le modifiche future è un buon investimento a lungo termine
- **Anticipare l'obsolescenza**: pianificare modifiche nella tecnologia o nell'environment del futuro
- Pensare alla **portabilità**
- Pensare alla **testabilità**
- Rimanere sempre sulla **difensiva**: non sappiamo mai se l'utente farà davvero ciò che deve.

Glossario

CASE tool Il CASE tool è un software che supporta la progettazione di sistemi software, ad esempio con UML. 20

constraint un constraint è un limite che viene posto; restriction, limitation.. 9, 10, 22

domain Si intendono, qui, le conoscenze relative ad un determinato ambito. Ad esempio, sviluppando un sistema per Trenitalia(*qualcuno lo fa veramente? Non sono scritti da scimmiette?*), il dominio sarebbe quello della gestione dei treni. Il problema sta nel fatto che il programmatore non ha conoscenze al riguardo dei treni, e deve utilizzare quindi un linguaggio, implicazioni e conoscenze che non gli appartengono. 9

volatility Con RV intendiamo modifiche ai requirements che avvengono durante lo sviluppo del progetto. (*Il classico "Ah ma già che ci sei, mi aggiungi un ecommerce, una macchina del caffè, e la possibilità di accarezzare i clienti attraverso il computer? Maledetti*). 20