



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA**

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA

Fondamenti di Ingegneria del Software

Lorenzo Vaccarecci

Indice

1	Modelli di processo di sviluppo software	4
1.1	Introduzione	4
1.1.1	Processo prescrittivo e adattivo	4
1.2	Modelli di processo	5
1.3	Code and Fix	5
1.4	Modello a cascata	5
1.4.1	Studio di fattibilità	6
1.4.2	Varianti del modello a cascata	6
1.5	Modelli evolutivi	7
1.5.1	Modelli a Prototyping	7
1.5.2	Modelli Iterativi-Incrementali	7
1.6	Modello a spirale	8
1.7	Unified Process	9
1.7.1	Le iterazioni	9
1.7.2	Le fasi	9
1.8	Sviluppo basato sui componenti	9
1.9	Metodi Plan-Driven e Agili	10
1.9.1	Come scegliere?	10
1.10	DevOps	11
1.10.1	Continuous Integration	11
2	Ingegneria dei requisiti	12
2.1	Introduzione	12
2.2	Classificazione dei requisiti	12
2.2.1	Esempio: Bancomat	12
2.3	Requirements Engineering	13
2.3.1	Scopo	13
2.3.2	Processo iterativo	13
2.4	Proprietà dei requisiti	14
2.5	Template/Schema dei requisiti	14
2.6	Analista software	15
2.6.1	Consigli per un'intervista	15
2.6.2	Importanza della comunicazione	15
2.7	Consigli finali	16
3	Definizione dei requisiti basata su use case	17
3.1	Cosa sono/servono	17
3.2	Differenza tra requisito e use case	17
3.3	Definizione dei requisiti basata su use case	17
3.4	Scenario	18

3.5	Use Case	18
3.5.1	Descrivere uno use case	18
3.5.2	Template	18
3.6	Gerarchia attori	19
3.7	Relazioni tra use case	19
4	Design architetturale	20
4.1	Introduzione	20
4.1.1	Livelli di ri-uso	20
4.2	Design architetturale	20
4.3	Componenti	21
4.4	Diagramma a blocchi	21
4.5	Architettura SW	21
4.5.1	Proprietà del sistema	21
4.5.2	Vantaggi	21
4.5.3	Stili architetturali	22
4.5.4	Layered	22
4.5.5	Repository	23
4.5.6	Client/server	23
4.5.7	Pipe and Filter	24
4.5.8	Architetture eterogenee	24
4.5.9	Microservices	24
5	Design delle componenti	26
5.1	Fasi	26
5.2	Design by contract	26
5.2.1	Elementi di un contratto	26
5.2.2	Vantaggi	27
5.3	Progettazione degli algoritmi	27
5.3.1	Notazioni	27
5.4	Principi di progettazione	28
5.4.1	Principi	28
5.4.2	Principio KISS	30
5.4.3	Sto seguendo i principi?	30
6	UML - Introduzione	31
6.1	Cos'è	31
6.2	Prospettive	31
6.3	Modello di dominio (del business)	31
6.4	Un po' di storia	32
6.5	Perchè	32
6.6	Notazione e meta-modello	32
6.6.1	Profilo	33
6.7	Come usare UML	33
7	UML - Class Diagram	34
7.1	Introduzione	34
7.2	Prospettive	34
7.3	Classe	34
7.3.1	Rappresentazione	35
7.3.2	Attributi	35

7.3.3	Molteplicità	35
7.3.4	Operazioni	36
7.4	Datatype	36
7.5	Associazioni	36
7.5.1	Molteplicità	36
7.5.2	Attributi	36
7.5.3	Implementazione (Java)	37
7.6	Note	37
7.7	Aggregazione	37
7.8	Composizione	37
7.9	Generalizzazione ed ereditarietà	37
8	UML - Sequence Diagram	38
9	UML - State Machine & Activity Diagram	39
10	UML - Component, Package & Deployment Diagram	40

Capitolo 1

Modelli di processo di sviluppo software

1.1 Introduzione

Processo: insieme strutturato e organizzato di attività che si svolgono per ottenere un risultato.

Perchè modellare il processo? Per dare ordine, controllo e ripetibilità con l'intenzione di migliorare la produttività e la qualità del prodotto.

1.1.1 Processo prescrittivo e adattivo

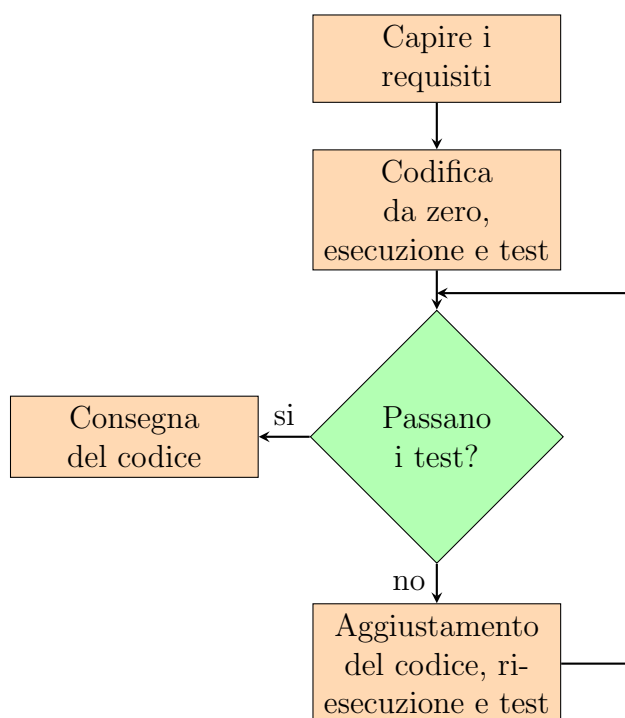
- **Processo prescrittivo:** un processo che segue un modello predefinito e rigido, con passaggi specifici e ben definiti.
- **Processo adattivo:** un processo che permette modifiche e adattamenti durante il suo svolgimento.

Perchè studiare i modelli di processo? Perchè uno dei compiti dei manager aziendali è quello di decidere il modello di processo da adottare considerando la tipologia del software da progettare e il personale disponibile.

1.2 Modelli di processo

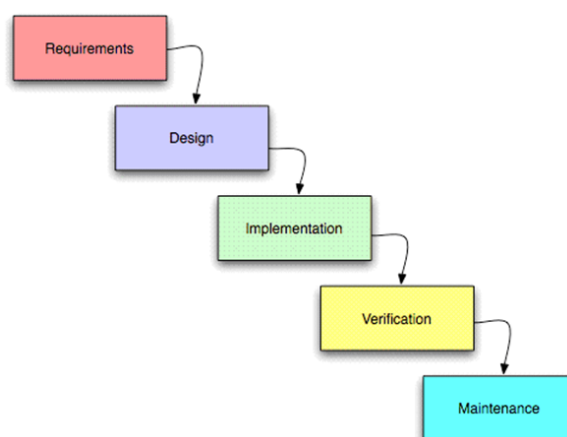
1.3 Code and Fix

- Si arriva al codice finale "per tentativi"
- Non adatto per progetti grandi con tanti sviluppatori
- Non è un modello di processo vero e proprio



1.4 Modello a cascata

- Storicamente il primo modello del processo di sviluppo software
- Ogni fase produce un prodotto che è l'input della fase successiva
- Con il modello waterfall abbiamo il passaggio dalla dimensione artigianale alla produzione industriale del software
- Molto rigido: non si può tornare indietro



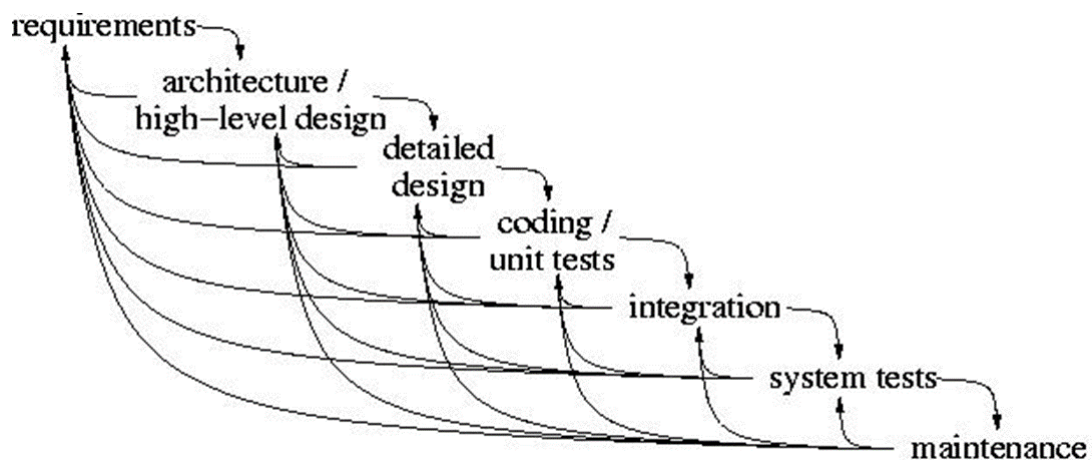
Vantaggi	Svantaggi
Enfasi su aspetti come l'analisi dei requisiti e il progetto di sistema trascurati nell'approccio code & fix	Lineare, rigido, monolitico: no feedback tra fasi, no parallelismo, unica data di consegna
Postpone l'implementazione dopo avere capito i bisogni del cliente	La consegna avviene dopo anni, intanto i requisiti cambiano o si chiariscono: così viene consegnato software obsoleto
Introduce disciplina e pianificazione	Viene prodotta troppa documentazione poco chiara: l'utente spesso non conosce tutti i requisiti all'inizio dello sviluppo
E' applicabile se i requisiti sono chiari e stabili	Alcuni difetti superati da modello waterfall con feedback e iterazioni

1.4.1 Studio di fattibilità

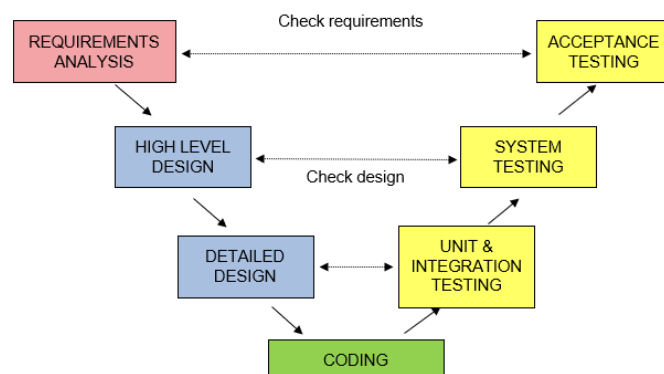
- Fase che precede lo sviluppo vero e proprio
- Viene analizzata la fattibilità e convenienza del progetto
- Stima dei costi
- Si valuta il Return Of Investment (ROI)

1.4.2 Varianti del modello a cascata

- Cascata con prototipazione: prima di iniziare lo sviluppo si costruisce un prototipo "usa e getta" con il solo scopo di fornire agli utenti una base concreta per meglio definire i requisiti.
- Cascata con feedback e iterazioni: posso tornare a una fase precedente.



- V-Model:
 - Enfasi sulle fasi di testing
 - Evidenzia come le attività di testing (parte destra della V) sono collegate a quelle di analisi e progettazione (parte sinistra della V)
 - Ogni controllo fatto a destra che non dia buon esito porta a un rifacimento/modifica di quanto fatto a sinistra
 - **Parallelismo**: creazione dei test e una volta che ho il codice li eseguo
 - **Problemi (anche per Waterfall)**:
 - * Versione funzionante solo alla fine!
 - * Errore in fase iniziale può avere conseguenze disastrose



1.5 Modelli evolutivi

Idea: sviluppare un'implementazione iniziale, esporla agli utenti e raffinarla attraverso successivi rilasci del SW (release)

Sottocategorie:

- Prototyping
- Modelli incrementali
- Modelli iterativi

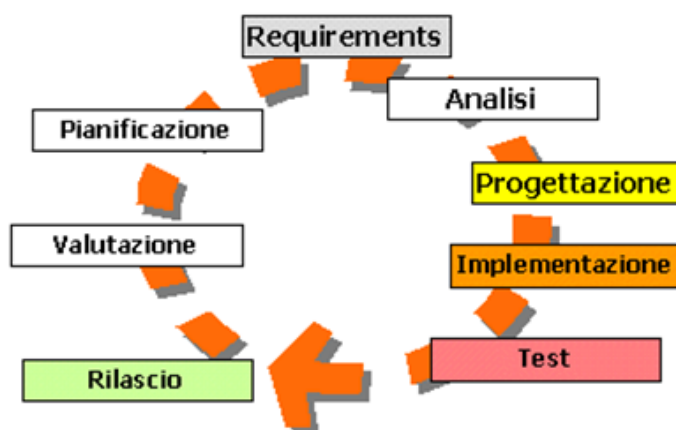
1.5.1 Modelli a Prototyping

- Realizzazione di un prototipo funzionante del sistema, su cui validare i requisiti (o l'architettura)
- Il prototipo ha meno funzionalità ed è meno efficiente

Vantaggi	Svantaggi
Permette di raffinare requisiti definiti in termini di obiettivi generali e troppo vaghi	Il prototipo è un meccanismo per identificare i requisiti, spesso da "buttare": problema economico e psicologico, il rischio è di non farlo e così scelte non ideali diventano parte integrante del sistema
Rilevazione precoce di errori di interpretazione	

1.5.2 Modelli Iterativi-Incrementali

- Sviluppo di varie release, di cui solo l'ultima è completa
- Dopo la prima release, si procede in parallelo
- Le fasi di sviluppo vengono percorse più volte



Modelli Incrementali

- Ogni release aggiunge nuove funzionalità
- Nella fase di pianificazione si decide il requisito/funzionalità da includere nella release successiva.
- Si trattano per prime le funzionalità ad alto rischio
- Si cerca di massimizzare il valore per gli utenti

Modelli Iterativi

- Da subito sono presenti tutte (o buona parte) delle funzionalità che sono via via raffinate, migliorate

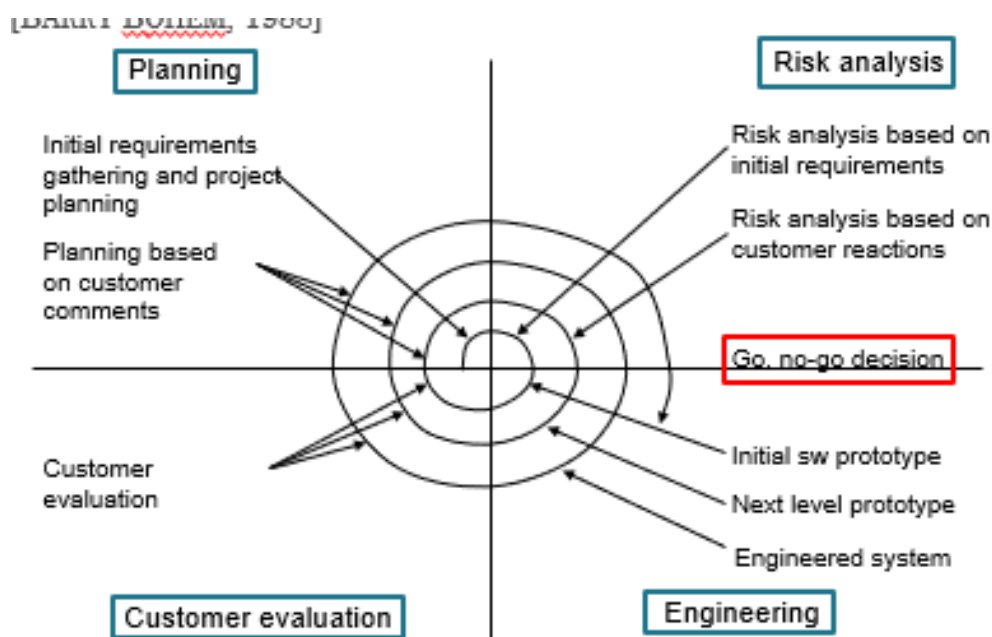
1.6 Modello a spirale

- Sistemi di grandi dimensioni
- Approccio "evolutivo" con interazioni continue fra cliente e developer
- Modello "risk-driver": tutte le scelte sono basate sui risultati dell'analisi dei rischi
- 'Meta-modello': dà un'idea generale ma quando si inizia a lavorare bisogna scegliere un modello esistente
 - Requisiti chiari e stabili → modello a cascata
 - Requisiti confusi → prototipo

Rischio: circostanza potenzialmente avversa in grado di pregiudicare lo sviluppo e la qualità del software

Ogni scelta/decisione ha un rischio associato, due caratteristiche importanti nella valutazione di un rischio sono:

- Gravità delle conseguenze
- Probabilità che si verifichi la circostanza



- **Planning:** determinazione di obiettivi, alternative, vincoli
- **Risk Analysis:** analisi delle alternative e identificazione/risoluzione dei rischi
- **Engineering:** sviluppo del prodotto di successivo livello
- **Customer Evaluation:** valutazione dei risultati dell'engineering dal punto di vista del cliente

Vantaggi	Svantaggi
Adatto allo sviluppo di sistemi complessi	Non è un rimedio universale (panacea)
Primo approccio che considera il rischio (risk-driver)	Necessita competenze di alto livello per la stima dei rischi
	Richiede un'opportuna personalizzazione ed esperienza di utilizzo
	Se un rischio rilevante non viene scoperto o tenuto a bada si inizia da zero

1.7 Unified Process

- Specifico per sistemi ad oggetti, con uso di notazione UML per tutto il processo
- Guidato dagli **Use Case**
- Incorpora molte delle idee 'buone' dal modello a spirale
- Meta-modello
- Supportato da tool(visuali) in ogni fase
- Processo prescrittivo per eccellenza

1.7.1 Le iterazioni

- Possibili diverse iterazioni che terminano con il rilascio del prodotto
- Ogni iterazione consiste di quattro fasi (anche ripetute più volte) che terminano con una milestone (= rilascio di artefatti soggetti a controllo)
- Ogni fase è costituita da diverse attività:
 - Requisiti (R)
 - Analisi (A)
 - Design (D)
 - Codifica (C)
 - Testing (T)

1.7.2 Le fasi

- Inception: studio di fattibilità, requisiti essenziali del sistema, risk analysis
- Elaboration: sviluppa la comprensione del dominio e del problema, gli Use Case della release da rilasciare, l'architettura del sistema
- Construction: Design (in UML), codifica e testing del Sistema
- Transition: Messa in esercizio della release nel suo ambiente (deploy), training e testing da parte di utenti fidati

1.8 Sviluppo basato sui componenti

Modello che va nella direzione del **riutilizzo del software**

Vantaggi	Svantaggi
Riduce la quantità di software da scrivere	Sono necessari dei compromessi: requisiti iniziali potrebbero differire da quelli che si possono soddisfare con le componenti disponibili
Riduce i costi totali di sviluppo e i rischi	Integrazione non sempre facile
Consegne più veloci	Spesso i componenti usati sono fatti evolvere dalla ditta produttrice senza controllo di chi li usa

1.9 Metodi Plan-Driven e Agili

Plan-Driven	Agile
Seguono un approccio classico dell'ingegneria dei sistemi fondato su processi ben definiti e ocn passi standard	Rispondere ai cambiamenti dei requisiti in modo veloce
	Filosofia del programmare come "arte" piuttosto che processo industriale
	Cosa più importante soddisfare il cliente e non seguire un piano (contratto)

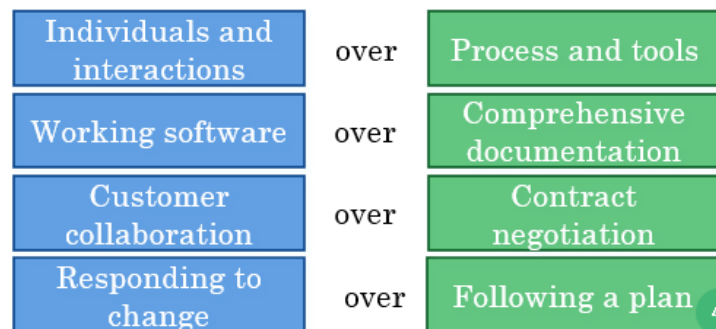


Figura 1.1: The Agile Manifesto

1.9.1 Come scegliere?

Metodi plan-driven:

- Sistemi grandi e comploessi, safety-critical o con forti richieste di affidabilità
- Requisiti stabili e ambiente predicibile

Metodi agili:

- Sistemi e team piccoli, clienti e utenti disponibili, ambiente e requisiti volatili
- Team con molta esperienza
- Tempi di consegna rapidi

1.10 DevOps

Metodo di sviluppo evolutivo

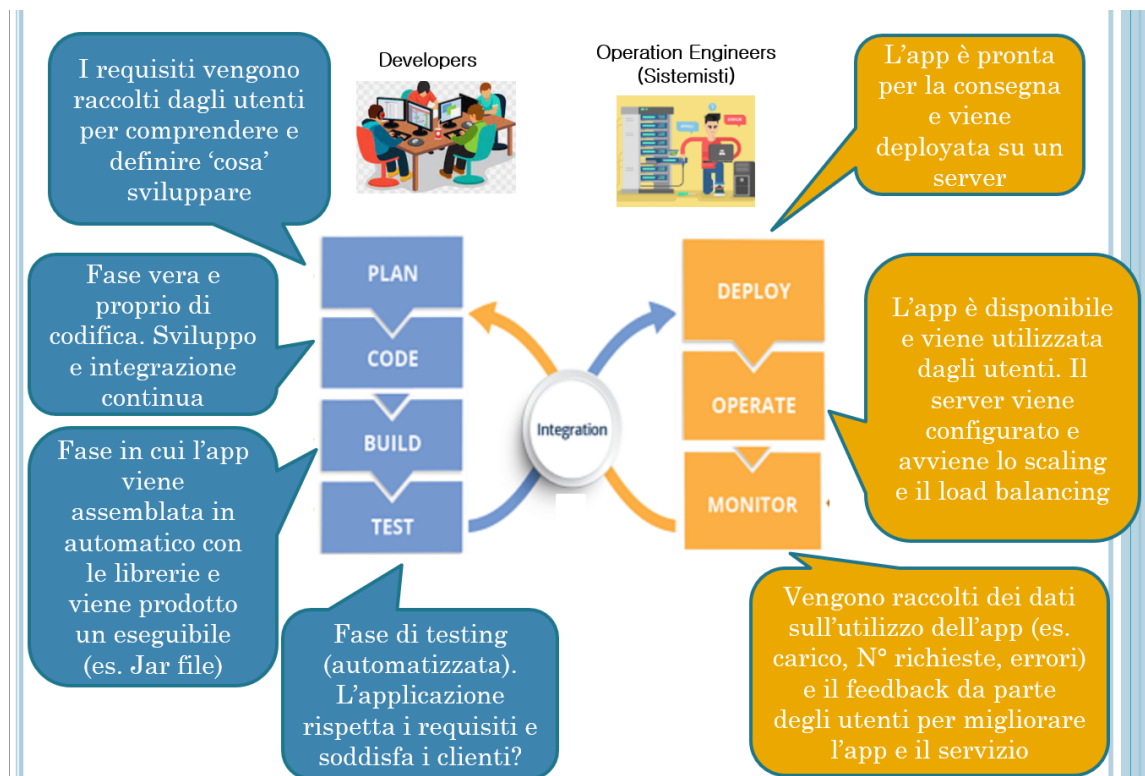


Figura 1.2: DevOps

1.10.1 Continuous Integration

La Continuous Integration (CI), o Integrazione Continua, è una pratica di sviluppo software in cui i programmatori integrano frequentemente il proprio lavoro (codice) nel repository condiviso del progetto, in genere diverse volte al giorno.

Capitolo 2

Ingegneria dei requisiti

2.1 Introduzione

Descrivere 'qualcosa' che il sistema dovrà fare (una funzionalità) o un vincolo a cui deve sottostare

- **Diversi livelli di astrazione:**
 - Descrizione astratta ed imprecisa del sistema
 - Descrizione dettagliata e matematica dello stesso

Che cosa il sistema farà e non come!

E' importante definire i requisiti in modo da evitare difetti in fasi avanzate del progetto, infatti i difetti dovrebbero essere scoperti il più presto possibile, ovvero a livello dei requisiti.

2.2 Classificazione dei requisiti

- **Requisiti utente:** descrizione in linguaggio naturale delle funzionalità che il sistema dovrà fornire e dei vincoli operativi (sono scritti per (e con) il cliente)
- **Requisiti di sistema:** descrive in modo dettagliato le funzionalità che il sistema dovrà fornire (sono scritti per gli sviluppatori)
- **Requisiti funzionali:** descrivono ciò che il sistema dovrà fare, non come ma cosa
- **Requisiti non-funzionali:** definiscono vincoli sul sistema e sullo sviluppo del sistema, in generale riguardano la scelta di linguaggi, piattaaforme, strumenti, tecniche d'implementazione, ma anche: prestazioni, questioni etiche, ...

Un requisito etico può essere ad esempio che nella realizzazione dell'applicazione verranno utilizzato solo strumenti e servizi 'non proprietari' (es. no Microsoft)

2.2.1 Esempio: Bancomat

In **rosso** i requisiti funzionali, in **blu** i requisiti non funzionali

- Il sistema deve mettere a disposizione le funzioni di prelievo, saldo e estratto conto
- Il sistema deve essere disponibile a persone portatori di Handicap, deve garantire un tempo di risposta inferiore al minuto, e deve essere sviluppato su architettura X86 con sistema operativo compatibile con quello della Banca
- Le operazioni di prelievo devono richiedere autenticazione tramite un codice segreto memorizzato sulla carta
- Il sistema deve essere facilmente espandibile, e adattabile alle future esigenze bancare

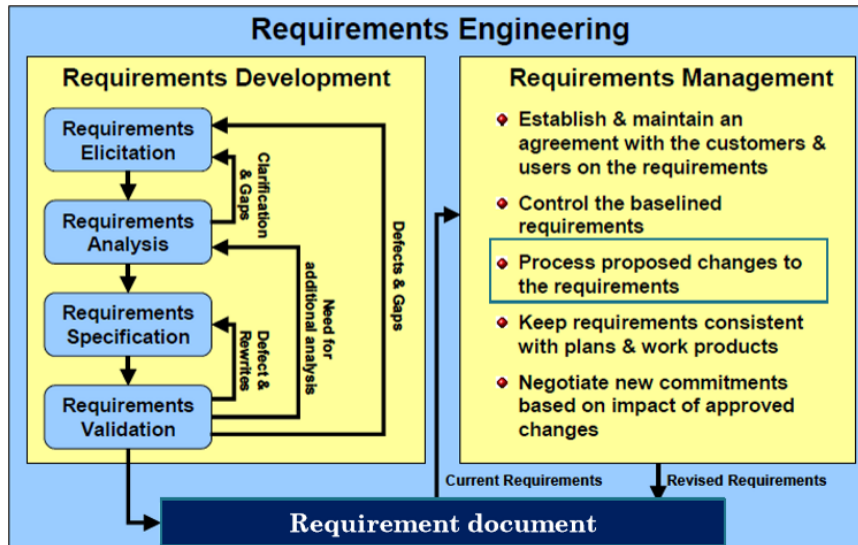
2.3 Requirements Engineering

E' il termine usato per descrivere le attività necessarie per raccogliere, documentare e tenere aggiornato l'insieme dei requisiti di un sistema software.

2.3.1 Scopo

Lo scopo primario del RE è la produzione di un documento (il requirement document) che definisca le funzionalità e i servizi offerti dal sistema da realizzare (anche tenerlo aggiornato)

2.3.2 Processo iterativo



- **Elicitation:**

- Ottenere, estrarre, ricavare, tirar fuori i requisiti dal cliente e da altri partecipanti
- Il primo passo è identificare gli stakeholders¹
- Interviste, osservazioni sul luogo di lavoro, questionari, analisi dei prodotti dei competitors, workshop (brainstorming)
- Studio/analisi di leggi e regolamenti, help-desk reports, 'change requests' di prodotti analoghi, 'lessons learned' in progetti simili, ...

- **Analisi dei requisiti:**

- I bisogni (user needs) degli stakeholders raccolti durante la fase di elicitation sono analizzati e raffinati
- Si cerca di capire se i requisiti sono corretti
- Si cercano di identificare i "missing requirements"
- Si identificano requisiti poco chiari
- Si risolvono i requisiti "contraddittori o in conflitto"
- Viene stabilita la priorità (prioritizzazione):
 - * Per sapere cosa "tagliare" se non tutti potranno essere realizzati
 - * Scala numerica
 - * Scala MoSCoW:

¹Stakeholder: persona veramente interessata allo sviluppo del progetto

- **Must have:** requisiti obbligatori
- **Should have:** requisiti importanti ma non indispensabili
- **Could have:** requisiti desiderabili ma non necessari

- **Definizione e specifica:**

- Definizione dei requisiti utente: costituisce un contratto fra le parti
- Specifica dei requisiti di sistema: costituisce "starting point" per la fase di design

- **Validazione:**

- Esame della definizione/specifica dei requisiti per valutarne la qualità
- Di solito la convalida o validazione si effettua mediante 'formal peer reviews'
- Scrivere dei casi di test a partire dai requisiti
- Sviluppare un prototipo

- **Requirements Management:**

- Approvazione di alcune richieste di cambio dei requisiti
- Negoziazione con il cliente
- Impact analysis per i cambi richiesti
- Tenere allineati i requisiti e il codice (e casi di test)
- Tracciare il progresso di un progetto

2.4 Proprietà dei requisiti

- **Validità-correttezza**
- **Consistenza:** non ci sono requisiti contraddittori
- **Completezza:** tutti gli aspetti che il cliente vuole sono coperti nei requisiti (in teoria)
- **Realismo:** non si chiede l'impossibile
- **Inequivocabilità (Unambiguos):** ogni requisito dovrebbe avere solo un'interpretazione
- **Verificabilità:** i requisiti vanno espressi in modo che siano testabili
- **Tracciabilità:**
 - Ogni funzionalità implementata nel sistema deve poter essere fatta risalire a dei requisiti in modo semplice
 - Ogni requisito nella requirement specification deve corrispondere ad uno nella requirement definition

2.5 Template/Schema dei requisiti

Conviene attenersi a questo Schema

`<id> il <sistema> deve <funzione>`

Es. R1. Il sistema deve gestire tutti i registratori di cassa del negozio (non più di 20)

2.6 Analista software

L'analista software o di sistema è la persona che:

- si occupa dell'elicitazione dei requisiti
- analizza i requisiti
- scrive il documento dei requisiti (definizione e/o specifica)
- Comunica/spiega i requisiti a sviluppatori e altri stakeholder

Alcune competenze che un analista dovrebbe avere:

- Arte della negoziazione
- Stabilire una strategia (problem solving)
- Giusta capacità di imporsi
- Ascoltare attentamente
- Dono della sintesi
- Padronanza del linguaggio naturale
- Buona conoscenza del dominio (ad esempio in ambito medico o automobilistico)

2.6.1 Consigli per un'intervista

1. Fare molte domande
2. Ascoltare bene
3. Mettere in discussione i quantificatori universali: 'tutto, ogni, sempre, ...'
4. Annotare tutte le risposte

2.6.2 Importanza della comunicazione

- Elicitation = Attività molto delicata perchè mette in comunicazione due o più persone di realtà anche molto diverse
- Frequenti incomprensioni, che si ripercuotono sulla qualità dei requisiti

Occorre fare molta attenzione a:

- Diversità di significato che si attribuisce ai termini → possibile soluzione definizione del glossario:
 - Per la spiegazione dei termini tecnici
 - Per ridurre l'ambiguità dei termini usati
 - Per "espandere" gli acronimi
- Assunzioni nascoste (Hidden assumptions)
- Verbosità (= sovrabbondanza di parole)
- Mancanza di chiarezza/precisione

2.7 Consigli finali

- Riutilizzo di (parte di) requisiti
- Utilizzo di un glossario comune tra clienti, utenti e analisti
- Utilizzo di un 'buon' template/form
- Utilizzo di un software per la gestione/raccolta e analisi dei requisiti

Capitolo 3

Definizione dei requisiti basata su use case

3.1 Cosa sono/servono

- Esprimere requisiti funzionali di un sistema
- Descrivere dal punto di vista di chi lo usa un sistema, il sistema è visto come una black-box
- Totalmente indipendenti dal mondo OO
- Solo testo, formattato in modo standard (template)
- Visuale lo Use Case Diagram (UML)
- Gli use case esprimono l'interazione tra le entità (attori) che interagiscono con il sistema stesso

3.2 Differenza tra requisito e use case

- **Requisito:** descrive una funzionalità dal punto di vista del sistema
- **Caso d'uso:** descrive una modalità di utilizzo del sistema da parte di un utilizzatore (punto di vista dall'utente)

La differenza sostanziale è nel modo in cui è presentata l'informazione

3.3 Definizione dei requisiti basata su use case

- **Attore:** rappresenta un ruolo che un'entità esterna "recita" interagendo con il sistema, da non confondere un ruolo con la cosa stessa
 - **Primari:** chi guadagna qualcosa dal sistema (ad esempio un cliente Amazon)
 - **Secondari:** chi produce qualcosa (o offre un servizio) per il sistema (ad esempio Paypal)
- **Use case:** quello che gli attori 'possono fare' con il sistema
- **Relazioni:** tra gli attori e gli use case
- **Confini del sistema:** un rettangolo disegnato intorno agli use case per indicare i confini del sistema, quando si vuole costruire un sistema è la prima cosa da fare

3.4 Scenario

Uno scenario è una sequenza ordinata di interazioni tra un sistema e gli attori

Rappresenta una particolare esecuzione di uno use case (istanza), e rappresenta un singolo cammino dello use case, sono usati per il testing. Si possono avere diversi scenari, ma in tutti l'attore può avere lo stesso scopo.

3.5 Use Case

Insieme di scenari che hanno in comune lo scopo finale dell'attore
--

- Gli use case in genere sono dati come testo strutturato
- I passi di uno use case sono testo facile da capire
- Viene usato il vocabolario del dominio dell'applicazione
- Gli use case sono descrizioni chiare, precise, generali e indipendenti dalle tecnologie

3.5.1 Descrivere uno use case

- **Scenario principale:** scenario del mondo perfetto
- **Scenari secondari:** cosa può succedere di sbagliato o differente e come gestirlo

3.5.2 Template

- **Nome dello use case:** è il goal dello use case "**breve frase verbale attiva**" in UpperCamelCase
- **Identificatore:** di solito numerico progressivo
- **Breve descrizione:** un paragrafo che fissa l'obiettivo dello use case
- **Attori primari:** l'attore/gli attori primari dello use case
- **Attori secondari:** gli attori che "servono" per svolgere lo use case
- **Precondizioni:** vincoli sullo stato corrente del sistema
- **Scenario principale:** i passi che costituiscono lo use case
- **Postcondizioni:** condizioni che devono essere vere quando lo use case termina con successo l'esecuzione dello scenario principale
- **Scenari alternativi:** un elenco di alternative allo scenario principale

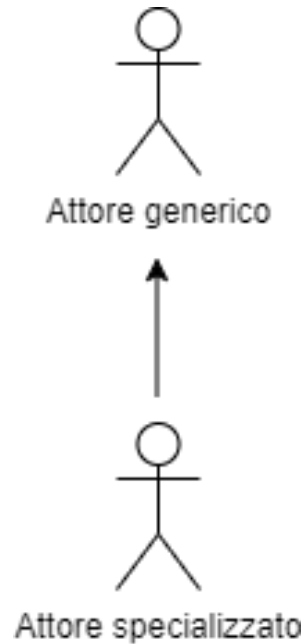
Uno scenario è costituito da un elenco di passi che devono essere concisi, numerati e ordinati temporalmente: `<numero> Il <Sistema/Attore> <qualche azione>`. Si ha una deviazione tutte le volte che 'ci si allontana' dallo scenario principale:

- **Semplici:** usare parola chiave **se** nella sequenza principale
- **Complesse:** scrivere sequenze degli eventi alternative che rappresentano errori o casi particolari che non ritornano sullo scenario principale

Si possono usare ripetizioni all'interno di una sequenza: **per** e **fintantochè**.

E' possibile che una sequenza venga attivata in qualunque momento della sequenza principale.

3.6 Gerarchia attori



Come per le classi di Java, l'attore specializzato eredita le relazioni dell'attore generale

3.7 Relazioni tra use case

- **Inclusione <<include>>:**
 - Assomiglia al concetto di procedura/funzione
 - Lo use case "principale" esegue i passi fino al punto di inclusione e passa il controllo allo use case incluso, alla fine il controllo ritorna allo use case principale
 - Lo use case principale senza use case incluso risulta incompleto
- **Estensione <<extend>>:** per estendere il comportamento di uno use case con un comportamento aggiuntivo (opzionale) rispetto allo use case base
- **Generalizzazione/specializzazione:** gli use case specializzati (figli) rappresentano delle varianti più specifiche dello use case generalizzato (genitore) da cui ereditano, i 'figli' possono
 - Ereditare i passi del genitore
 - Aggiungere nuovi passi
 - Ridefinire (modificare) i passi ereditati

Capitolo 4

Design architetturale

4.1 Introduzione

Trasforma un problem in una soluzione (come)
--

Il design definisce la struttura della soluzione invece l'implementazione la realizza, rendendola usabile.

- **Architectural design (high-level)**: mappa i requisiti su architettura SW e componenti/sottosistemi
- **Component design (low-level)**: fissa dettagli dei componenti, specificando maggiormente la soluzione

Scelte tecnologiche:

- **platform-independent design**: come pro ha il riuso
- **platform-specific design**: come pro aiuta i programmatori, per specifico si intende ad esempio nominare già le strutture dati specifiche per un linguaggio.

4.1.1 Livelli di ri-uso

- **Clonazione**: si riutilizza interamente design/codice, con piccoli aggiustamenti
- **Design pattern**: buona soluzione a problema ricorrente
- **Stili architetturali**: architettura generica che suggerisce come decomporre il sistema
- **Software Frameworks**: insieme di classi e interfacce cooperanti che realizzano un design per uno specifico dominio applicativo o tipologia di app

4.2 Design architetturale

Processo di design per identificare:

- le macro componenti di un sistema
- come avviene il controllo e la comunicazione tra componenti

Produce una descrizione dell'architettura software.

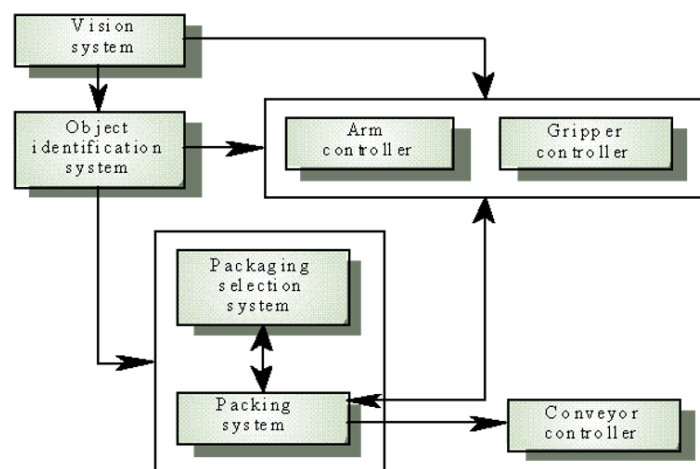
4.3 Componenti

Un modulo è un'unità del sistema che offre servizi ad altre unità, ma che non può essere considerato un sistema a se stante

Un sottosistema è un sistema di per sè: può essere eseguito ed utilizzato anche "da solo". Di solito i sottosistemi sono composti da moduli ed hanno interfacce ben definite, che sono utilizzate per la comunicazione con altri sottosistemi.

4.4 Diagramma a blocchi

Un architettura software è normalmente espressa mediante un diagramma a blocchi che presenta un "overview" della struttura del sistema. I blocchi sono i componenti, i connettori rappresentano le "relazioni" tra i componenti.



4.5 Architettura SW

4.5.1 Proprietà del sistema

- **Performance:** tempi di risposta rapidi
- **Security:** difficile da "manomettere", dati sensibili protetti
- **Safety:** non creare "disastri"
- **Availability:** 24//7/365
- **Maintainability:** semplice da mantenere/evolvere

4.5.2 Vantaggi

- Guida lo sviluppo ed aiuta nella comprensione del sistema
- Documenta il sistema
- Aiuta a ragionare sull'evoluzione del sistema
- Supporta decisioni manageriali
- Facilita l'analisi di alcune proprietà
- Permette il riuso (Large-scale)

4.5.3 Stili architetturali

L'architettura di un sistema può conformarsi a uno stile architetturale

- **Modello generico**: con caratteristiche specifiche che può essere istanziato/personalizzato
- **Layered**
- **Repository**
- **Client/server**
- **P2P**
- **Broadcast model**
- **Service Oriented Architecture**
- **Microservice**

Uno stile **strutturale** fornisce solo informazioni strutturali, uno **di controllo** anche informazioni (o solo) di controllo.

Conoscere gli stili architetturali può semplificare il problema di definire l'architettura software

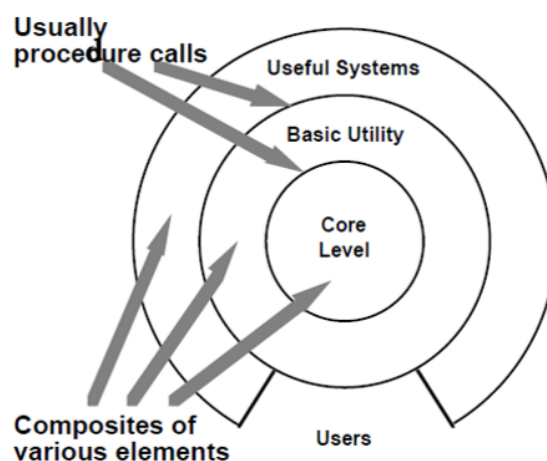
La maggioranza dei grandi sistemi sono eterogenei e non seguono un singolo stile architetturale

Elementi

- **Componenti**
- **Connettori**

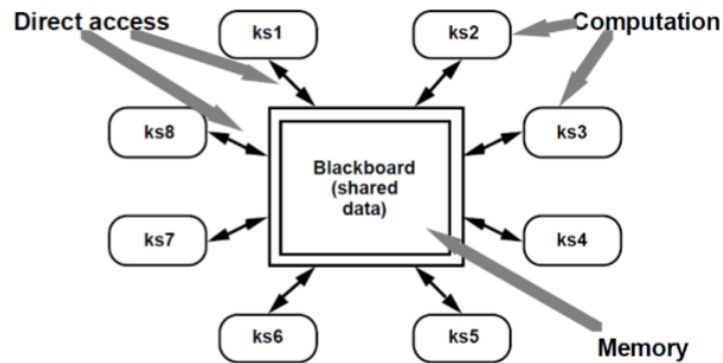
4.5.4 Layered

- Organizza il sistema in un insieme di livelli ognuno dei quali fornisce un insieme di servizi
- Un livello usa solo i servizi del livello inferiore



4.5.5 Repository

I dati condivisi sono mantenuti in un database centrale (repository o blackboard) a cui hanno accesso tutti i sotto-sistemi



4.5.6 Client/server

- Modello di sistema distribuito che mostra come i dati e la computazione possono essere distribuiti su:
 - Insieme di server che forniscono servizi specifici
 - Insieme di client che utilizzano tali servizi
- Esiste una rete che permette ai client di accedere ai server

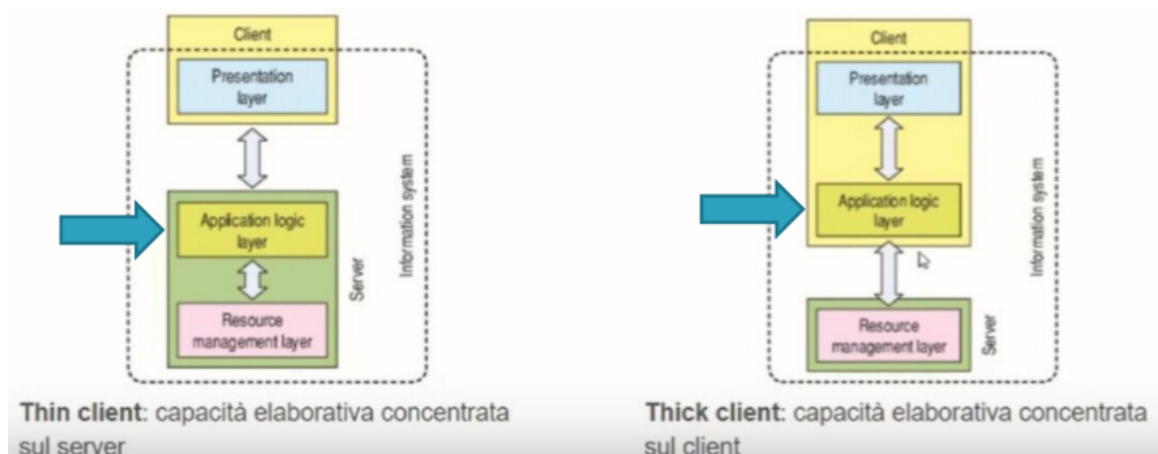
Two-Tier

Tre strati/componenti software:

- Interfaccia utente (presentation logic)
- Gestione dei processi e logica (business o appl. logic)
- Gestione del DB (data logic)

Distribuiti in due livelli (n client + m server)

- Client
- Server



Three-Tier

- Sul client resta solo l'interfaccia utente
- La logica del sistema risiede sull'Application server e gestisce multi-utenti
- Gli strati di logica e gestione DB sono distribuiti su più DB server

4.5.7 Pipe and Filter

- I filtri effettuano trasformazioni che elaborano i loro input per produrre output
- Le pipe sono connettori che trasmettono i dati tra filtro e filtro

Ad esempio `ls -l | grep "Aug"` dove l'output di `ls -l` viene passato a `grep "Aug"` grazie alla pipe

4.5.8 Architetture eterogenee

Ci sono due modi di combinare gli stili ottenendo così un architettura eterogenea:

- Modo gerarchico
- Permettendo che una componente sia un mix di architetture

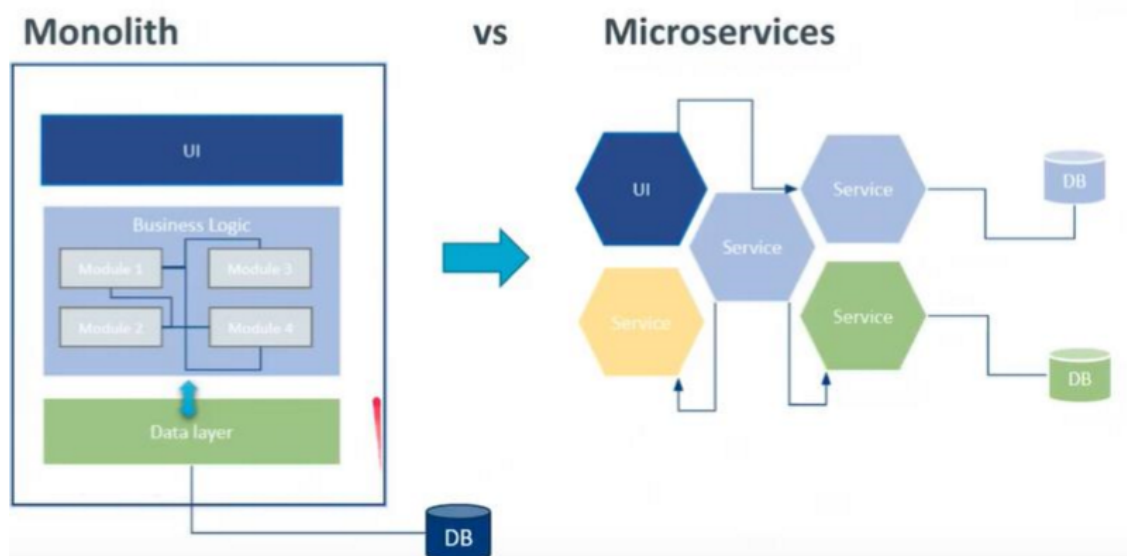
4.5.9 Microservices

Avere servizi separati e quindi potenzialmente più piccoli e facili da gestire (sviluppare, testare, deployare), anche dislocati su server diversi

Perchè?

Se la app cresce:

- La complessità aumenta
- Difficile trovare e risolvere bug
- Difficile effettuare modifiche
- Tempi estesi per il deploy
- Complesso lavorare in parallelo (team)



Ogni microservizio può essere scritto in un linguaggio di programmazione diverso ed avere diversi DBMS.

Comunicazione

- **API Gateway:** espone un'interfaccia verso i client
- **REST:** le applicazioni basate su REST utilizzano le richieste HTTP per tutte e quattro le operazioni di CRUD (Create, Read, Update, Delete)

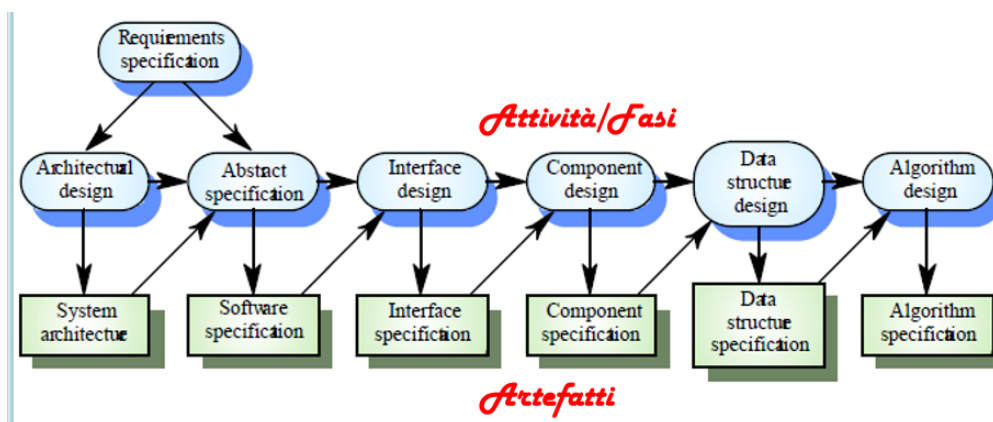
Problemi

- Stabilire la dimensione dei micro servizi
- Sviluppo del meccanismo di comunicazione tra i servizi
- Esposizione ai disservizi di rete
- Gestione dello schema partizionato dei DB
- Difficoltà di testing
- Maggior consumo di risorse e memoria

Capitolo 5

Design delle componenti

5.1 Fasi



5.2 Design by contract

E' un metodo di design per il software che ha come obiettivo quello di migliorarne la qualità e prescrive che il progettista debba definire specifiche precise delle interfacce dei classi/componenti software, basandosi sulla metafora di un contratto legale (il "contratto", viene creato per ogni componente del sistema prima che sia codificato). L'idea centrale è che una componente software ha degli obblighi nei confronti delle altre componenti.

5.2.1 Elementi di un contratto

- **Pre-condizione:** espressione a valori booleani rappresentante le aspettative sullo 'stato del mondo' prima che venga eseguita un'operazione
- **Post-condizione:** espressione a valori booleani riguardante lo 'stato del mondo' dopo l'esecuzione di un'operazione
- **Invariante di classe:** condizione che ogni oggetto della classe deve soddisfare quando è 'in equilibrio'

Le precondizioni sono utili? a prima vista potrebbe risultare inutile in quanto si possono aggiungere controlli all'interno del codice però chi è responsabile di questi controlli? Senza una dichiarazione esplicita potremmo avere

1. Troppi pochi controlli
2. Troppi controlli

5.2.2 Vantaggi

- Codifica: guida per lo sviluppatore durante la fase di codifica
- Migliorano la qualità del software: definisce quale componente è responsabile ad effettuare i controlli. Aiuta a scrivere operazioni semplici che soddisfino un contratto ben definito
- Documentazione: Pre, Post e Invarianti documentano in modo preciso cosa fa una componente/classe
- Testing: guida alla generazione di casi di test "black-box"
- Debugging: permette di trovare il "colpevole" di un malfunzionamento:
 - Le eccezioni si sollevano quando il contratto è violato

5.3 Progettazione degli algoritmi

E' l'attività più vicina alla codifica (spesso viene lasciata in parte o totalmente agli sviluppatori) e, di solito, si seguono i seguenti passi:

1. Si analizza la descrizione di design della classe "target"
2. Se esistono una o più operazioni che necessitano di un algoritmo, se è possibile selezionare un algoritmo noto si seleziona altrimenti occorre definire un algoritmo e si sceglie una notazione e si progetta utilizzando la nozione di "stepwise refinement"
3. Si usano i metodi formali per provare la correttezza dell'algoritmo proposto

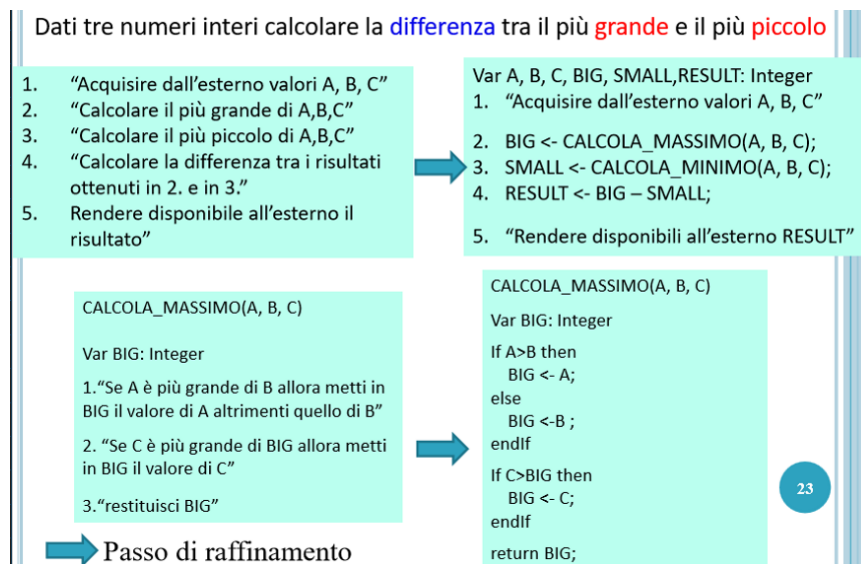


Figura 5.1: Stepwise Refinement

5.3.1 Notazioni

Esistono diverse notazioni utilizzate per rappresentare un algoritmo:

- **Visuali:** Activity Diagram di UML, Flowchart, Box Diagram, Structured Chart, Decision Table, ...
- **Testuali:** Program Design Language (PDL) o pseudocodice

PDL

Il **Program Design Language** (PDL) o pseudocodice è un linguaggio semplificato che usa il vocabolario di un linguaggio naturale e la sintassi di un linguaggio di programmazione.

5.4 Principi di progettazione

I principi di progettazione guidano verso il raggiungimento degli obiettivi di qualità per il progetto

Porta a produrre software: manutenibile, comprensibile, semplice da testare, riusabile, riparabile e portatile

...

Si possono applicare per tutti i sistemi non solo Object Oriented!

5.4.1 Principi

Astrazione

Permette di concentrarsi su un problema ad un determinato livello di astrazione, senza perdersi in dettagli irrilevanti. Nasconde informazioni che a un determinato livello non servono.

Forme di astrazione:

- **Funzionale**:: definizione di una funzionalità indipendentemente dall'algoritmo che la implementa
- **di Dati**: definizione di un tipo di dato in base alle operazioni che su di esso possono essere fatte, senza definirne una struttura concreta
- **di Controllo**: definizione di un meccanismo di controllo senza indicarne i dettagli interni

Decomposizione

Cercare di risolvere un problema in una volta sola è in genere più difficile che risolverlo per parti.

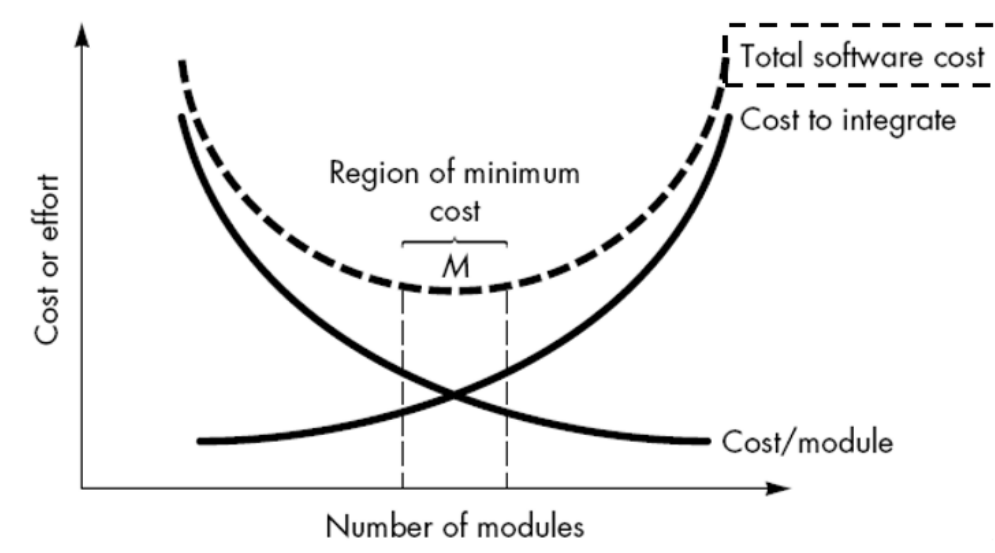
Legenda:

- P problema
- $C(P)$ complessità di P
- $E(P)$ effort (sforzo) per la risoluzione (software) di P

Dati due problemi P_1 e P_2

- Se $C(P_1) > C(P_2)$ allora vale $E(P_1) > E(P_2)$
- $C(P_1 + P_2) > C(P_1) + C(P_2)$ vale empiricamente
- $E(P_1 + P_2) > E(P_1) + E(P_2)$

L'ultima disequazione porterebbe a una conclusione sbagliata che se noi dividessimo il problema e quindi il software infinite volte l'effort di sviluppo diventerebbe nullo. In realtà entrano in gioco altre variabili:



Quindi dal grafico sappiamo che non si deve dividere troppo nè troppo poco.

Modularità

Modulo: è un'entità SW, identificata da un nome che può fornire servizi software; contiene istruzioni, strutture dati, controllo; può essere incluso in un altro modulo; può usare un altro modulo o parte di esso con la relazione 'dipende da'

E' una conseguenza del principio di decomposizione, l'idea è quella di tenere separati gli aspetti "un-related" di un software (**Separation of concerns**). Una valida linea guida è tenere separati il SW di generazione dati dal SW necessario alla loro presentazione e permette di cambiare la rappresentazione sullo schermo senza dover modificare il sistema di calcolo. La struttura di un'applicazione software, è spesso caratterizzata da tre livelli:

- **Presentazione:** insieme dei moduli che gestiscono l'interazione con l'utente
- **Logica Applicativa:** insieme dei moduli che realizzano la logica applicativa, implementano le funzionalità richieste e gestiscono il flusso dei dati
- **Dati e Risorse:** insieme dei moduli che gestiscono i dati che rappresentano le informazioni utilizzate

Per modularizzare sostanzialmente bisogna fare in modo che ogni modulo esegua un singolo compito e minimizzare il numero e la complessità delle interconnessioni fra moduli. Dei moduli coesi e poco accoppiati sono

- facili da comprendere
- riusabili
- semplici da modificare
- semplici da testare

Bisogna evitare i moduli "monster" e per far ciò bisogna seguire i criteri per una buona modularizzazione: moduli piccoli, separation of concerns, alta coesione e basso accoppiamento e usare delle metriche o delle view per vedere se i criteri sono stati applicati.

Un modulo **coeso** svolge un unico compito, in altre parole coesione è quando un modulo deve esprimere una sola astrazione, esistono diverse tipologie di coesione ma di solito si intende quella **funzionale**: tutti gli elementi del modulo contribuiscono ad un singolo ben definito task.

Ogni modulo non deve dipendere da troppi altri moduli, nè dipendervi in modo troppo forte

Il coupling misura (informalmente) il grado di dipendenza di un modulo dagli altri e come prima non bisogna collegarli troppo e troppo poco.

- Accoppiamento buono: chiamata di routine/metodo/funzione di altro modulo, uso di tipo di dato definito in altro modulo, inclusione o importazione di un package o di una libreria
- Accoppiamento cattivo: content coupling, un modulo modifica il valore di una variabile in un altro modulo

L'accoppiamento cattivo va evitato perchè complica enormemente la comprensione e la modifica, in un sistema OO si riduce incapsulando tutti i campi di una classe dichiarandoli privati e fornendo i metodi di get e set. Nei linguaggi 'Legacy' le cose sono più complicate...

- **Fan-in**: numero di archi entranti in un modulo
- **Fan-out**: numero degli archi uscenti da un modulo

Un alto numero di Fan-in indica un buon riuso, un alto numero di Fan-out indica eccessiva dipendenza e che il modulo "fa troppo" (va decomposto).

Generalità: è la proprietà di design che "migliora" il riuso di un modulo in altri progetti (in futuro), si cerca di rendere un modulo il più generale possibile in modo da poterlo usare in più contesti. Questo principio è controverso perchè 'peggiora' un altro principio quello della 'semplicità' (KISS).

5.4.2 Principio KISS

Il design dovrebbe essere il più semplice possibile.

- Keep It Simple, Stupid
- Keep It Short and Simple

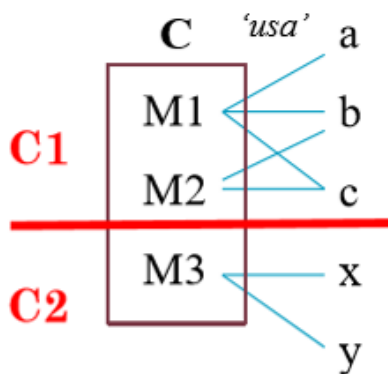
5.4.3 Sto seguendo i principi?

Esistono delle metriche del SW che ci permettono di misurare l'aderenza a principi che abbiamo visto:

- Metrica SW, ovvero la misura quantitativa del grado di possesso di uno specifico attributo da parte di un sistema, un componente, o un processo (es. LCOM (Lack of Cohesion))
- Esistono dei tool che forniscono metriche e viste

Esempio di metrica LCOM

LCOM = numero di intersezioni vuote - numero di intersezioni non vuote



Le intersezioni saranno $I_1 = \{a, b, c\}$, $I_2 = \{b, c\}$, $I_3 = \{x, y\}$ quindi si avrà che $I_1 \cap I_2 \neq \emptyset$ mentre $I_1 \cap I_3 = I_2 \cap I_3 = \emptyset$ quindi avremo che $LCOM = 2 - 1 = 1$ e visto che è > 0 classe C non è coesa.

Capitolo 6

UML - Introduzione

6.1 Cos'è

L'UML è una famiglia di notazioni grafiche utili a supportare la descrizione e il progetto dei sistemi software. E' stato proposto come standard dall'OMG (Object Management Group) che ha come obiettivo di creare standard nel contesto IT.

E' unificato perchè in pratica è una collezione di varie notazioni preesistenti (Rumbaugh, Booch, Jackson, Harel), integrate e rese Object Oriented.

L'UML **non** è:

- Un metodo/processo di sviluppo → e' un linguaggio/notazione
- Un linguaggio di programmazione → è un linguaggio di modellazione
- Legato a UP (Unified Process) → è indipendente dal processo

L'UML può essere usato in diversi modi:

- **Abbozzo (sketch)**: per aiutare la comunicazione e la discussione
- **Progetto dettagliato (blueprint)**: per fornire un modello completo/dettagliato da implementare
- **Linguaggio di programmazione**: per fornire un "modello eseguibile"

6.2 Prospettive

- **Prospettiva software**: gli elementi rappresentati sono elementi di un sistema software, serve per descrivere il design di un sistema software e per documentare un sistema software
- **Prospettiva concettuale**: gli elementi rappresentati sono concetti del dominio e serve per modellare il dominio del business e i processi

6.3 Modello di dominio (del business)

E' una rappresentazione visuale di classi concettuali o di oggetti del mondo reale di un dominio ed è un glossario visuale delle astrazioni significative del dominio.

E' utile per:

- Chiarire i concetti di dominio nel quale il sistema software che dobbiamo progettare andrà inserito
- Ispirare nomi di alcune classi e attributi software nel design
- La progettazione del sistema

6.4 Un po' di storia

Anni '80	1980-1995	1994	1995	1996	1997	11/1997	03/2005	Adesso
Linguaggi ad oggetti iniziano a prendere piede	"babele" di linguaggi di modellazione	Rumbaugh si unisce a Booch alla Rational Software (azienda)	Booch e Rumbaugh presentano OOPSLA Unified Method v 0.8 Viene dato l'annuncio che Rational ha comprato Objectory dove lavora Jacobson	OMG entra in campo sollecitata dai venditori di software terrorizzati dalla possibilità che Rational creasse un standard de-facto	call for proposal da parte di OMG. "Tre amigos" presentano UML 1.0	Nasce UML 1.1 (standard OMG)	UML 2.0 diventa la versione ufficiale	UML 2.5.1

6.5 Perché

Studiare UML è utile perchè è uno standard, è usato/richiesto dall'industria (almeno a livello di abbozzo) ed è indispensabile per le figure di Analista e Progettista (architetto) software.

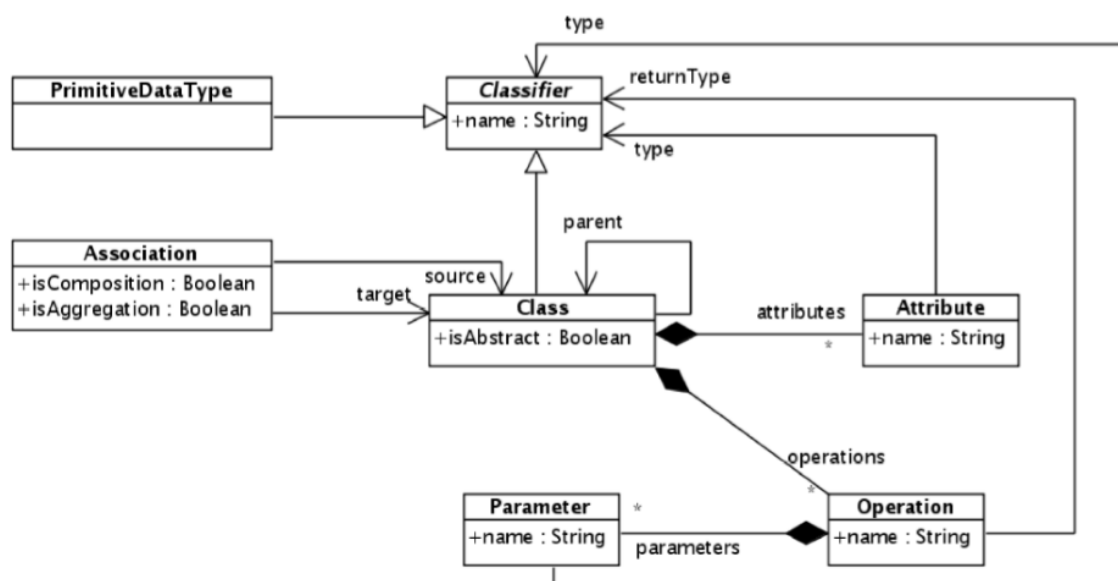
Non lo studieremo in modo approfondito perchè, ad esempio, l'approccio blueprint è poco usato nell'industria.

6.6 Notazione e meta-modello

UML definisce una famiglia di notazioni e un meta-modello.

<p>Notazione = sintassi grafica del linguaggio</p> <p>Meta-modello = definisce i concetti stessi del linguaggio</p>

Esempio di meta-modello: UML di una classe (generica) Java



In UML un sistema viene descritto utilizzando diverse viste e diversi diagrammi

Vista = particolare aspetto di un sistema SW dal punti di vista di uno specifico ruolo
--

Un diagramma descrive/presenta una view/subview, chiameremo **Modello** un insieme di diagrammi che descrivono aspetti diversi dello stesso sistema SW. In un modello bisogna fare attenzione a non avere viste possibilmente sovrapposte (problema di consistenza) e incomplete (problema di completezza).

Il diagramma UML non è abbastanza e per questo esistono due soluzioni:

- Si cerca o si produce un "estensione" di UML (profilo UML)
- Si usano diagrammi non UML

Facendo ciò si perde uno dei vantaggi di UML: la standardizzazione.

6.6.1 Profilo

Come anticipato, UML si può estendere tramite il concetto di profilo per avere la possibilità di specificare particolari domini applicativi o tipologie di applicazioni.

Un profilo è costituito principalmente da:

- **Stereotipi**: elementi aggiuntivi ottenuti modificando quelli esistenti
- **Vincoli aggiuntivi**
- **Informazioni semantiche aggiuntive** relative agli elementi aggiuntivi

Non si può guardare un diagramma UML e dire esattamente cosa farà il codice corrispondente
--

Esiste un UML "legale"? La risposta è sì e no: quello definito dalla specifica del linguaggio (documento OMG) è quello legale ma UML è molto complesso e si presta a multiple interpretazioni, così le persone lo usano adottando convenzioni particolari (per semplificare) e quindi si perde la standardizzazione. Di solito si aggiunge nei diagrammi "**non-normativo**".

6.7 Come usare UML

1. Capire il punti di vista dell'autore per capire i diagrammi
2. Meglio dei buoni diagrammi "illegali" che altri formalmente corretti ma "scarsi"
3. UML è molto complesso da prestarsi a multiple interpretazioni: usate un sottoinsieme e solo i diagrammi che ritenete utili (e che avete compreso bene)
4. La completezza è nemica della chiarezza
5. Qualsiasi informazione in UML può essere sempre soppressa

Capitolo 7

UML - Class Diagram

7.1 Introduzione

Definisce:

- Le classi
- Le loro feature
 - Attributi
 - Operazioni
- Le relazioni tra classi
 - Associazioni
 - Aggregazione/Composizione
 - Specializzazione/Generalizzazione
 - Dipendenze

Ovvero la parte statica di quello che intendiamo modellare.

7.2 Prospettive

Il significato di un class diagram e dei suoi elementi dipende dalla prospettiva:

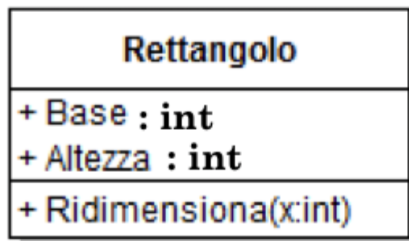
- Prospettiva concettuale: descriviamo gli elementi del "pezzo di mondo" che ci interessa modellare, la classe UML è un concetto proprio del dominio e un'operazione UML è un'azione/responsabilità
- Prospettiva software: descriviamo il design di un software, ovvero i modulo software che costituiranno l'implementazione vera e propria del sistema, la classe UML è una classe in un linguaggio OO e un'operazione UML è implementata da un metodo

7.3 Classe

Il concetto di classe è lo stesso dell'OO, incapsula caratteristiche comuni ad un gruppo di progetti, una classe genera oggetto con `create()` e un oggetto è un istanza di una classe. Gli attributi determinano lo stato degli oggetti mentre le operazioni descrivono il comportamento. Gli oggetti connessi tra loro possono collaborare per compiere task più complessi mediante scambio di messaggi.

7.3.1 Rappresentazione

Una classe in UML è semplicemente rappresentata da un rettangolo con il nome della classe all'interno, possiamo aggiungere gli attributi e le operazioni.



Se una classe è **abstract** viene indicata con il nome in corsivo.

Si ha una dipendenza tra due classi se la modifica di una classe può avere effetto sull'altra, si rappresenta con una freccia tratteggiata.

7.3.2 Attributi

visibilità nome: tipo [molteplicità] = default {proprietà}

- **Visibilità:**
 - +: pubblico
 - -: privato
 - #: protetto
 - ~: package
- Il nome dell'attributo è l'unica parte obbligatoria
- Il tipo dell'attributo può essere:
 - Primitivo
 - Il nome di una classe definita nello stesso modello
- Default rappresenta il valore di default dell'attributo di un oggetto appena creato
- Proprietà aggiuntive (es. `readOnly`)

Le regole di visibilità tra i vari linguaggi e UML sono spesso differenti.

Gli attributi possono essere **static** e, come per il linguaggio Java, gli oggetti di una stessa classe condividono lo stesso valore per un attributo. In UML si indica sottolineando il nome dell'attributo.

7.3.3 Molteplicità

La molteplicità indica il quantitativo degli attributi, alcuni valori possibili sono:

- 1 (uno e uno solo). E' il valore di default
- 0..1 (al più uno)
- * (un numero imprecisato, eventualmente nessuno)
- 1..* (almeno uno)
- n..m con $m \geq 1$

Gli elementi di un attributo con molteplicità > 1 sono considerati come un insieme, se essi sono dotati anche di ordine si aggiunge la proprietà **{ordered}**

7.3.4 Operazioni

visibilità nome (lista parametri) : tipo-ritornato proprietà

- Visibilità e nome stesse regole degli attributi
- Lista parametri contiene nome e tipo dei parametri, secondo la forma `direzione nome : tipo = default`
- Direzione: input (in), output (out) o entrambi (inout). Il valore di default è in.
- nome, tipo e valore di default sono analoghi a quelli degli attributi
- Tipo-ritornato è il tipo del valore di ritorno

Le operazioni get/set di solito non si indicano perchè è scontato che esistono

In UML esistono due tipi di operazioni:

- **Query** che ottengono un valore da un oggetto senza side efficiente
- **Modificatori** che modificano gli attributi (lo stato) dell'oggetto su cui sono chiamate

Un operazione può essere **static** e, come per il linguaggio Java, le operazioni non operano solo su una particolare istanza della classe ma sulla classe stessa. in UML si indica sottolineando il nome dell'operazione.

Un operazione viene invocata su un oggetto e corrisponde alla dichiarazione di una procedura/funzione, un metodo è il corpo di tale procedura/funzione, è l'implementazione di un operazione

Se un'operazione è **abstract** viene indicata con il nome in corsivo.

7.4 Datatype

In UML esiste il concetto di datatype, per sua natura un oggetto ha un identità mentre un datatype no: le istanze sono valori non oggetti. Si rappresentano come classi con lo stereotipo `<<datatype>>`

7.5 Associazioni

Un'associazione rappresenta una relazione tra classi

Il `>` indica in che direzione deve essere letta l'associazione, in alternativa si può indicare il ruolo di uno dei due estremi dell'associazione. In un diagramma delle classi non è consigliato aggiungere nomi delle associazioni e ruoli.

Il verso di navigazione indica in quale direzione è possibile reperire le informazioni (\rightarrow).

7.5.1 Molteplicità

La molteplicità delle associazioni indica il numero di link tra gli oggetti delle classi e, come in SQL, si mettono sulla freccia ai due estremi.

7.5.2 Attributi

Di solito si usano attributi per tipi primitivi e datatype o associazioni se tipati da classi.

Un associazione riflessiva è quando una classe ha un'associazione con se stessa.

7.5.3 Implementazione (Java)

- Associazione molteplicità 1: `attributo`
- Associazione molteplicità 0..*: `HashSet`
- Associazione molteplicità {ordered} 0..*: `LinkedList` o `ArrayList`

Esistono anche le associazioni bidirezionali ma non possono essere implementate con un singolo attributo. Con le associazioni bidirezionali 1..1 c'è un problema di sincronizzazione.

7.6 Note

E' un commento in un linguaggio di programmazione, si usa anche per specificare il "behaviour" di un'operazione

7.7 Aggregazione

Rappresenta la relazione "tutto-parti", è una relazione di tipo "è composto da" e si rappresenta con un rombo vuoto.

7.8 Composizione

Forma forte di aggregazione: esprime la relazione "ha-un"/"è composto di", le proprietà sono:

- Se il composto/intero viene distrutto, anche le sue parti saranno distrutte
- Una parte può appartenere ad un solo oggetto intero alla volta
- **Generalizzazione = relazione "è un"**, ogni istanza di una classe è anche istanza della superclasse
- **Ereditarietà**: meccanismo attraverso il quale elementi specializzati incorporano la struttura ed il comportamento di elementi più generali. Nella classe erede è possibile aggiungere nuovi attributi e operazioni e ridefinire le operazioni (overriding)

7.9 Generalizzazione ed ereditarietà

Capitolo 8

UML - Sequence Diagram

Capitolo 9

UML - State Machine & Activity Diagram

Capitolo 10

UML - Component, Package & Deployment Diagram