

Processo e Sviluppo del Software

Tommaso Ferrario (@TommasoFerrario18)

Telemaco Terzi (@Tezze2001)

October 2023

Indice

1	Metodi Agili	2
1.1	Scrum	3
1.2	Extreme Programming	4
2	DevOps	5
2.1	Build, Test e Release	6
2.1.1	Component phase e Subsystem phase	7
2.1.2	System phase	7
2.1.3	Production phase	7
2.2	Deploy, Operate e Monitor	7
2.2.1	Deployable units	8
2.2.2	Monitor	9
2.2.3	DevOps tools	9
3	Risk management	10
3.1	Definizione del rischio	10
3.2	Risk Management	11
3.2.1	Risk identification	11
3.2.2	Risk analysis	11
3.2.3	Risk prioritization	12
3.2.4	Risk control	13
4	Capability Maturity Model Integration	15
5	Requirements Engineering	17
5.1	Tipi di requisiti	18
5.2	Qualità dei requisiti	20
5.3	Il processo requirements engineering	21
5.3.1	Domain understanding & elicitation	23
5.3.2	Evaluation & agreement	27
5.3.3	Specification & documentation	30
5.3.4	Validation & verification	37
5.3.5	Requirements changes	40
6	Model-View-Controller	43
6.1	Object Relational Mapping	45
6.1.1	Active record	46
6.1.2	Data mapper	46
6.1.3	Ulteriori pattern ORM	46
6.1.4	JPA	49
6.2	Gestione delle dipendenze	51
6.2.1	Inversion control (Dependency Injection)	51
6.2.2	Service locator (Dependency lookup)	52
6.3	Transaction	52

Capitolo 1

Metodi Agili

I **metodi agili** sono stati definiti per rispondere all'esigenza di dover affrontare lo sviluppo di software in continuo cambiamento, quindi saranno dei processi di gestione dello sviluppo che si adattano facilmente al cambiamento. Durante lo sviluppo si hanno vari passaggi:

- Comprensione dei prerequisiti.
- Scoperta di nuovi requisiti o cambiamento dei vecchi.

Questa situazione rendeva difficile lo sviluppo secondo il vecchio metodo waterfall portando al fallimento di diversi progetti.

I metodi agili ammettono che i requisiti cambino in modo “naturale” durante il processo di sviluppo software e per questo assumono un modello di processo circolare, con iterazioni della durata di un paio di settimane (1.1). Potenzialmente dopo un'iterazione si può arrivare ad un prodotto che può essere messo in produzione. Dopo

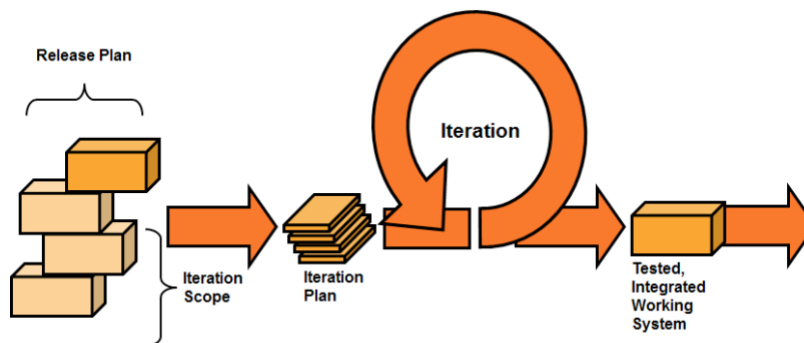


Figura 1.1: Rappresentazione grafica di un metodo agile.

ogni rilascio si raccolgono feedback per poter rivalutare i requisiti e migliorare il progetto. Si hanno quindi aspetti comuni nei metodi agili e nel loro processo:

- *Enfasi sul team*: sulla sua qualità e sulla sua selezione.
- Il *team è self organizing*: si dà importanza ai vari membri del team dato che non esiste un manager, ma è il team stesso a gestire lo sviluppo.
- *Enfasi al pragmatismo*: focalizzandosi su una documentazione efficace evitando di produrre documenti inutili e difficili da mantenere.
- *Enfasi sulla comunicazione diretta*: sostituendo i documenti suddetti con meeting e riunioni periodiche.
- *Enfasi sull'idea che nulla sia definitivo*: la perfezione non deve essere seguita fin da subito ma saranno gli step a portare al raggiungimento di una perfezione finale.
- *Enfasi sul controllo costante*: della qualità del prodotto, anche tramite:

- **Continuous testing:** grazie al quale un insieme di test viene eseguito in modo automatico dopo ogni modifica.
- **Analisi statica** e dinamica del codice al fine di trovare difetti nello stesso.
- **Refactoring.**

I metodi agili sono molto “elastici” e permettono la facile definizione di nuovi metodi facilmente adattabili al singolo progetto.

1.1 Scrum

Uno dei più famosi, tra i vari metodi agili, è **scrum** (1.2). In questo caso la parte di sviluppo e iterazione prende



Figura 1.2: Rappresentazione grafica del processo scrum

il nome di **sprint** ed ha una durata variabile, tra una e quattro settimane, per avere un rilascio frequente e una veloce raccolta di feedback. I requisiti sono raccolti nel cosiddetto **product backlog**, con priorità basata sulla base delle indicazioni del committente. Ad ogni sprint si estrae dal product backlog lo **sprint backlog**, ovvero il requisito (o i requisiti) da implementare nello sprint. Lo sprint backlog viene analizzato nel dettaglio producendo i vari **backlog items**, ovvero le singole funzionalità che verranno implementate nello sprint. Si ottiene quindi di volta in volta un pezzo di prodotto finale, testato e documentato. Durante le settimane di sprint si effettua anche un meeting giornaliero utile per mantenere alti i livelli di comunicazione e visibilità dello sviluppo. Durante il meeting ogni sviluppatore risponde a tre domande:

1. Cosa è stato fatto dall'ultimo meeting?
2. Cosa farai fino al prossimo meeting?
3. Quali sono le difficoltà incontrate?

L'ultimo punto permette la cooperazione tra team members, consci cosa ciascuno sta facendo. Durante il processo scrum si hanno quindi tre ruoli:

1. **Product owner:** committente che partecipa tramite feedback e definizione dei requisiti.
2. **Team** che sviluppa.
3. **Scrum master:** che controlla la correttezza di svolgimento del processo scrum.

Lo scrum master interagisce in ogni fase, ognuna delle quali viene guidata tramite meeting:

- **Sprint planning meeting:** ad inizio sprint per pianificare cosa fare nello sprint.
- **Daily scrum meeting:** il meeting giornaliero per aggiornare tutti i membri del team su quello che ciascuno sta facendo e deve essere il più breve possibile.

- **Sprint review meeting:** in uscita dallo sprint per lo studio dei risultati e analisi di quello che è stato sviluppato.
- **Sprint retrospective meeting:** in uscita dallo sprint per lo studio, tra i membri del team, di eventuali miglioramenti da apportare al processo Scrum e allo sviluppo del prodotto.

Spesso nelle singole iterazioni si utilizza la metodologia di sviluppo basata sull'**extreme programming**, ovvero:

- Planning delle attività
- Short release
- Simple design
- Refactoring
- Test first design
- Pair programming
- Collective Ownership
- Continuous Integration
- 40-h week
- On-site customer
- Coding standard
- Open workspace

1.2 Extreme Programming

Un altro tipo di metodo agile è l'**extreme programming**, ormai poco usato. I requisiti prendono i nomi di stories, delle narrazioni in cui l'attore (futuro utente del sistema) cerca di svolgere un compito. Vengono scelte quindi stories per la prossima iterazione, dove si hanno testing e revisione continua. Le release di ogni iterazione vengono catalogate per importanza (con anche la solita collezione di feedback).

Capitolo 2

DevOps

Nello sviluppo del software sia ha una collaborazione tra 2 team:

- **Development:** si occupa di sviluppare l'applicazione e testarla.
- **Operation:** si occupa di pacchettizzarla e successivamente rilasciarla.

Il problema di questa organizzazione è che spesso i due team non comunicano, di conseguenza si rende più costoso e lento il processo di rilascio.

Negli ultimi tempi si è sviluppato un altro metodo, chiamato **DevOps**, dove anche la parte di **operation** deve essere agile: il rilascio in produzione e il deployment devono essere agili quanto lo sviluppo.

Si utilizzerà **DevOps** (2.1) che permette di collegare ed automatizzare lo sviluppo, il testing, la pacchettizzazione e il rilascio del software. In questo modo si risolvono tutti i problemi introdotti precedentemente, velocizzando tutto il processo di produzione del software. DevOps promuove la collaborazione tra di due team

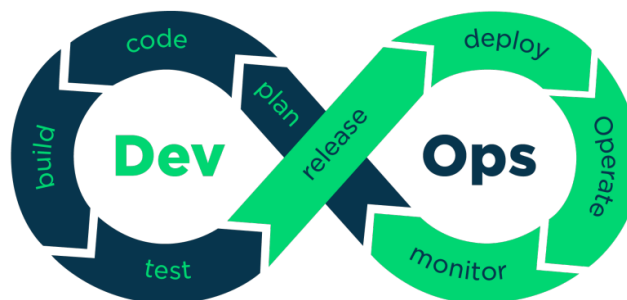


Figura 2.1: Rappresentazione del lifecycle di DevOps

al fine di ottenere una sorta di team unico che curi sia sviluppo, sia operation. DevOps include quindi diversi processi che vengono automatizzati:

- Continuous Development
- Continuous Integration
- Continuous Testing
- Continuous Deployment
- Continuous Monitoring

L'automatizzazione è possibile grazie all'utilizzo della virtualizzazione dell'hardware mediante macchine virtuali o container.

Con DevOps il feedback arriva anche dal software inoltre il focus viene spostato sui processi automatici. Nel DevOps si introducono nuovi ruoli:

- **DevOps Evangelist:** simile allo scrum master, supervisiona l'intero processo di DevOps.
- **Automation expert:** dedicato a curare gli aspetti di automatismo.

- **Security Engineer**
- **Software Developer:** nonché Tester.
- **Quality Assurance:** verifica la qualità del prodotto rispetto ai requisiti.
- **Code Release Manager:** si occupa sull'infrastruttura e sul deploy della release.

DevOps si basa su sei principi base:

1. **Customer-Centric Action:** il committente è al centro dell'azione.
2. **End-To-End Responsibility:** il team gestisce interamente il prodotto, avendone responsabilità totale.
3. **Continuous Improvement:** cercare continuamente di migliorare senza sprechi il prodotto finale e i servizi.
4. **Automate everything:** cercare di automatizzare l'intera infrastruttura di processo, dalle attività di testing e integrazione fino ad arrivare alla costruzione della release e del deployment.
5. **Work as one team:** unificare tutti gli aspetti sotto un unico team o comunque con due team che collaborano fortemente come se fossero uno.
6. **Monitor and test everything:** testare e monitorare costantemente il prodotto.

Il quarto e il sesto punto sono i due punti tecnici principali.

2.1 Build, Test e Release

Bisogna pensare a questi step in ottica di automatismo vicina al DevOps. Innanzitutto bisogna introdurre i sistemi di version control (Git) un sistema di version control distribuito, dove ogni utente ha una copia della repository (con la storia dei cambiamenti), con la quale interagisce tramite commit e update. Esiste poi una repository lato server per permettere di condividere i vari cambiamenti tramite sincronizzazione. Nello sviluppo multi-branch si segue il seguente standard:

- **Master:** branch utilizzato per salvare tutte le versioni di production, quindi quando si fa il push allora si eseguono tutte le operazioni automatiche di DevOps.
- **HotFix:** branch utile per eventuali Fix veloci della production.
- **Release:** branch su cui fare il push prima di mandare su master per il deploy.
- **Develop:** branch effettivo su cui verranno fatti i merge delle varie features.
- **1 branch per ogni feature da sviluppare.**

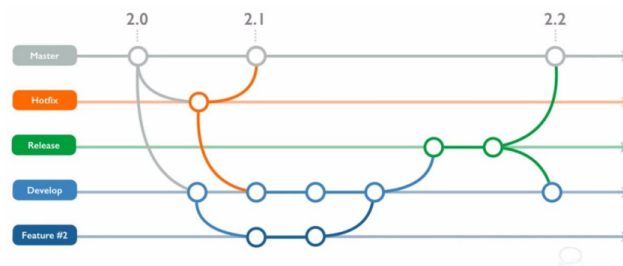


Figura 2.2: Struttura ideale di un repository git

Lo sviluppo su multi-branch si collega alle operazioni di verifica che possono essere attivate automaticamente a seconda dell'evoluzione del codice su ogni branch. Avendo ogni branch una precisa semantica possiamo definire precise attività di verifica, corrispondenti a pipelines precise, solitamente innescate da un push di codice su un certo branch, in modo sia automatico che manuale. Le pipeline vengono attivate in fase di test di un componente, in fase di creazione di un sottosistema, di assemblamento di un sistema intero o di deployment in produzione. Si hanno quindi quattro fasi:

1. **Component phase**
2. **Subsystem phase**
3. **System phase**
4. **Production phase**

Spesso le pipelines sono usate come **quality gates** per valutare se un push può essere accettato in un certo branch. Una pipeline può essere anche regolata temporalmente, in modo che avvenga solo ad un certo momento della giornata.

2.1.1 Component phase e Subsystem phase

Dove il focus è sulla più piccola unità testabile che viene aggiornata che non può essere eseguita senza l'intero sistema. In tal caso si può fare:

- Code review
- Unit testing
- Static code analysis

Un cambiamento può anche essere testato nell'ambito del sottosistema di cui fa parte, in tal caso si hanno anche check di prestazioni e sicurezza. Il servizio però potrebbe essere da testare in isolamento rispetto ad altri servizi, usando quindi dei mocks o degli stubs, ovvero creando degli alter ego dei servizi mancanti in modo che il servizio da testare possa funzionare.

2.1.2 System phase

In questo caso si testa l'intero sistema che viene rilasciato in ambiente di test. Si hanno:

- Test funzionali: test su ogni singola funzione (unit e integration).
- Test di performance: controlla le performance della release.
- Security checks: controllo automatico delle falle su metodi conosciuti (penetration test).

Tutti test che richiedono l'interazione del sistema sono spesso molto dispendiosi e quindi bisogna regolare la frequenza di tali test in molti casi.

2.1.3 Production phase

Questa fase è legata alla necessità di creare gli artefatti che andranno direttamente "sul campo", ovvero il deployment in produzione. In tale fase potrebbe essere necessario creare container o macchine virtuali. Si hanno dei check molto veloci sugli artefatti finali, dando per assodato che la qualità del codice sia già stata testata. Si hanno quindi strategie anche di deployment incrementale, per cui esistono più versioni del software contemporaneamente con diversa accessibilità per gli utenti finali. In tal caso si usano anche vari tool di monitor. Si hanno anche eventualmente tecniche di zero downtime.

Fasi diverse corrispondono a branch diversi

2.2 Deploy, Operate e Monitor

Si studia l'evoluzione automatica del software da una versione all'altra in produzione. Avanzare di versione in modo naive e istantaneo è troppo rischioso e quindi spesso non attuabile. Si ha quindi un insieme di tecniche per la version migration che si basano sull'evoluzione incrementale.

Tali tecniche si distinguono in base alla dimensione su cui sono incrementati:

- **Incremental with reference to users:** Dark launching, Canary releases (and User Experimentation), ovvero legata agli utenti esposti alla nuova release.
- **Incremental with reference to requests:** Gradual upgrades/rollout, ovvero legata alle richieste per la nuova release.

- **Incremental with reference to components/replicas:** Rolling upgrade, incentrata sulle componenti che vengono aggiornate.
- **Non-incremental with backups:** Green/blue deployment, Rainbow deployment, non incrementali ma che offrono comunque un backup di sicurezza.

Tali schemi possono essere usati in un contesto DevOps. Per studiare la prima tipologia (Incremental with reference to users) abbiamo:

- **Dark launching:** in tale schema l'update è esposto solo ad una parte della popolazione, per la quale viene effettuato il deployment per studiare gli effetti ed eventuali modifiche e migliorie al software che, infine, verrà deployato per il resto della popolazione in modo comunque incrementale fino a che l'intera popolazione godrà della feature.
- **Canary releases:** come il Dark launching ma applicato alla migrazione del backend.

Tali schemi spesso sono usati di pari passo per le varie sezioni del software, nonché possono essere usati in modo intercambiabile.

Collegato a questi schemi si ha l'approccio basato sull'**user experimentation**, che non è un reale schema di gestione dell'evoluzione del software ma è comunque correlato agli schemi sopra descritti. In questo approccio si studiano diverse varianti del sistema e il loro impatto esponendole agli utenti, cercando di capire per l'utente cosa sia meglio e come. Si hanno quindi più release diverse, per parti di popolazione comparabili, tra le quali si sceglierà la migliore.

Per la seconda tipologia (Incremental with reference to requests) si ha una divisione a seconda delle richieste fatte dagli utenti, detto **gradual rollout**. Si ha quindi un load balancer che permette la coesistenza di due versioni, una nuova e una vecchia, dello stesso servizio. In modo graduale, partendo da pochissime, si passano le richieste alla versione nuova per poter studiare e testare la nuova versione. Alla fine tutto il traffico sarà diretto verso la nuova versione, mentre la vecchia verrà dismessa.

Per la terza tipologia (Incremental with reference to components/replicas), si ha lo schema del **rolling upgrade**, dove l'upgrade non riguarda un singolo upgrade ma tanti componenti di un sistema distribuito, verificando efficacia di ogni singolo update tramite il continuous monitoring prima di effettuare l'upgrade di un'altra componente. La stessa idea si applica anche a diverse versioni dello stesso prodotto, aggiornandone una prima e poi le altre progressivamente. In sostanza si aggiorna un container/VM alla volta.

Per la quarta tipologia (Non-incremental with backups) si ha il **blue/green deployment**, dove vengono isolate due copie della stessa infrastruttura, dove una ospita la versione nuova l'altra la vecchia. Un router indirizza le richieste degli utenti verso le due unità e quella che ospita la nuova versione subirà le solite operazioni di test che, se superate, porteranno il router a direzionare verso quella unità, ignorando la vecchia. Se ci sono problemi si fa rollback alla vecchia unità che rimane come backup. Questo schema può essere generalizzato nel rainbow deployment dove il momento di coesistenza tra le due versioni viene prolungato al fine che vecchie richieste che richiedono una lunga elaborazione vengano elaborate dall'unità vecchia mentre le nuove dall'unità nuova.

In ogni caso le applicazioni devono essere costruite per supportare tutti questi schemi di deployment perché bisogna specificare come gestire le richieste stateful e i dati persistenti.

2.2.1 Deployable units

Il caso più tipico in merito alle unità dove fare deployment è il mondo del cloud con unità virtualizzate e virtual machine (VM), dove magari ogni servizio vive in una diversa VM. Si hanno diversi casi in merito a questo tipo di deployment:

- **Cloud basato su VMs**, dove si ha un'infrastruttura gestita dal cloud provider che gestisce l'hardware e l'hypervisor. Ogni VM, che sono le nostre unità di deployment, ha un sistema operativo arbitrario che lavora con l'hardware mostrato dall'hypervisor. Ogni VM avrà una o più applicazioni e fare deployment porterà all'update di una o più VM. In alcuni casi si fa deployment di intere VM e in altri si modifica il software di una VM già in esecuzione. L'ambiente cloud solitamente è multi-tenant, ovvero su una piattaforma unica di un provider si hanno più VM di diverse organizzazioni. Una VM è grossa in quanto contiene un sistema operativo intero e la loro gestione può quindi essere difficoltosa.
- **Cloud basato su containers:** risolvono il problema della grandezza delle VM. In questo caso lo schema è il medesimo ma si ha un container engine al posto dell'hypervisor e ogni container non contiene l'intero sistema operativo ma solo il minimo necessario al funzionamento dell'applicazione. In questo caso lo

schema di update spesso consiste nel distruggere e ricreare i singoli containers. Anche qui si ha un contesto multi-tenant.

- **Bare metal:** dove i provider offrono direttamente risorse hardware, guadagnando prestazioni ma aumentano anche i costi economici che vengono comunque gestite dal cloud provider. Non si ha virtualizzazione ma accesso diretto alle risorse su cui fare deployment. Questa è una soluzione tipicamente single-tenant.
- **Server dedicati:** un metodo ormai superato con difficoltà causate dall'uso di script, shell e connessione ftp completamente autogestiti dall'organizzazione e non da un provider.
- **Non service software:** il software si rilascia su piattaforme di distribuzione, abbandonando l'idea della gestione del software come servizio.

Il deployment “stile cloud” non è comunque l'unico possibile.

2.2.2 Monitor

In ambiente cloud ci sono tante soluzioni per il monitoring, ad esempio lo stack di ELK, formato da:

- Elasticsearch
- Logstash
- Kibana

I dati, ad esempio log o metriche d'uso hardware, vengono raccolti e passano da Logstash, finendo in un database, per la memorizzazione di time series (serie temporali) di dati (questo in primis per le metriche d'uso che per i log), gestito da Elasticsearch e venendo visualizzati da una dashboard grafica, gestita da Kibana. Si ha quindi un ambiente di continuous monitoring.

2.2.3 DevOps tools

Ogni step del DevOps è gestito tramite moderne tecnologie e tools, con varie alternative per ogni fase (per questo servono figure esperte per ogni step).

Capitolo 3

Risk management

3.1 Definizione del rischio

Definizione 1 (Risk management). Il ***risk management*** è la disciplina che si occupa di identificare, gestire e potenzialmente eliminare i rischi prima che questi diventino un problema per il successo del progetto.

Definizione 2 (Rischio). Definiamo ***rischio*** come la possibilità che ci sia un danno.

Definizione 3 (Risk exposure). Definiamo ***risk exposure***, che è una grandezza, per calcolare quanto un progetto sia esposto ad un rischio. Viene calcolato come:

$$RE = P(UO) \cdot L(UO) \quad (3.1)$$

dove:

- $P(UO)$: è la probabilità di un *unsatisfactory outcome* (UO), ovvero la probabilità che effettivamente un danno sia prodotto.
- $L(UO)$: è l'entità del danno stesso, ovvero è la perdita per le parti interessate se il risultato non è soddisfacente.

Tanto più un rischio è probabile e tanto più il rischio crea un danno, di conseguenza cresce il *risk exposure*.

Definizione 4 (Outcome unsatisfactory). Definiamo ***outcome unsatisfactory*** come un risultato non positivo che riguarda diverse aree:

- L'area relativa all'esperienza degli utenti, con un progetto che presenta le funzionalità sbagliate. In questo caso se i problemi sono gravi si hanno alti rischi che portano al fallimento del prodotto.
- L'area relativa agli sviluppatori, con rischi che possono riguardare superamento del budget oppure prolungamenti delle deadlines.
- L'area riguardante i manutentori, con rischi che impattano nella qualità bassa di software e hardware.

Se abbiamo un rischio che produce un *outcome unsatisfactory* il primo elemento su cui soffermarsi è lo studio degli eventi che abilitano il rischio, detti **risk triggers**.

Possiamo distinguere due principali classi di rischio:

1. **Process-related risks**: rappresenti rischi con impatto negativo sul processo e sugli obiettivi di sviluppo.
2. **Product-related risks**: rappresenti rischi con impatto sul prodotto e su obiettivi del sistema funzionali o meno, come fallimenti riguardanti la qualità del prodotto o la distribuzione dello stesso.

Entrambe le classi possono portare al fallimento del progetto e quindi vanno gestite entrambe.

3.2 Risk Management

Bisogna quindi imparare a gestire i rischi. Per fare ciò si utilizza un processo strutturato in due fasi:

1. **Risk Assessment:** in questa fase si vanno a valutare i rischi attraverso:
 - **Risk Identification:** ovvero una fase di identificazione dei rischi.
 - **Risk Analysis:** ovvero l'analisi dei rischi identificati nella fase precedente tramite calcolo del *risk exposure* e studio dei *triggers*.
 - **Risk Prioritization:** ovvero si vanno a definire delle priorità nei rischi analizzati, in modo da concentrarsi sui più pericolosi per poi passare a quelli meno pericolosi.

Alla fine di questa fase, si produce una lista ordinata sulla pericolosità dei rischi.

2. **Risk Control** e consiste nel risk management planning, producendo piani di controllo di due tipi:
 - (a) **Piani di management:** per la gestione del rischio prima che si verifichi.
 - (b) **Piani di contingency:** per il contenimento di rischi divenuti realtà qualora il piano di management fallisca, sapendo cosa fare a priori in caso di emergenza.

Si hanno quindi due sotto-fasi per i due tipi di piani:

- (a) **Risk monitoring.**
- (b) **Risk resolution.**

Queste due fasi vengono ciclicamente ripetute durante il ciclo di vita dello sviluppo di un software.

3.2.1 Risk identification

In questa fase, si studia come identificare i rischi. Tale operazione è legata alle competenze degli analisti. Un modo comune di realizzare questa operazione è mediante l'uso delle check-list, liste che includono un insieme di rischi plausibili comuni a molti progetti. L'analista scorre tale lista cercando rischi che possono essere applicati al progetto in analisi.

Alcuni rischi possono verificarsi sempre ma va preso in considerazione solo per motivi specifici identificabili nel mio progetto. Si hanno altri metodi per identificare i rischi:

- Riunioni di confronto, brainstorming e workshop.
- Confronto con altre organizzazioni e con altri prodotti.

3.2.2 Risk analysis

L'analisi dei rischi viene realizzata sfruttando l'esperienza e valutando le reali probabilità che un rischio diventi reale. Come per la fase precedente, si hanno degli schemi su cui basarsi, come modelli di stima dei costi, modelli delle prestazioni, basati su simulazioni, prototipi, analogie con altri progetti e check-list. Le stime sono molto specifiche sul singolo progetto.

L'analisi dei rischi può anche comportare lo studio delle decisioni da prendere al fine di minimizzare il risk exposure, scegliendo o meno tra varie opzioni, scegliendo in modo guidato dai rischi. A tal fine si usano i **decision tree** nei quali la radice rappresenta il problema.

Si hanno di volta in volta i vari scenari, con le stime di probabilità di trovare un errore critico, di fallimento, di non trovare errori critici e così via. Tali probabilità verranno usate per il calcolo del risk exposure insieme ad un quantificatore di $L(UO)$ spesso pari all'effettivo costo che conseguirebbe al risultato ottenuto. Infine i vari risk exposure di ogni caso vengono sommati per ottenere il risk exposure finale. Si può fare un'**analisi di sensitività** cambiando le percentuali o i costi al fine di ottenere un certo risultato, in modo da capire come si dovrebbe comportare.

Esempio 1 (Decision tree). Vediamo ora un esempio di come utilizzare un albero di decisione per effettuare l'analisi di un rischio figura 3.1.

Ragionando sulle cause dei rischi usiamo il cosiddetto risk tree. Questo albero ha come radice il rischio. Ogni nodo, detto failure node, è un evento che si può scomporre in altri eventi, fino alle foglie. La scomposizione è guidata da due tipi di nodi link:

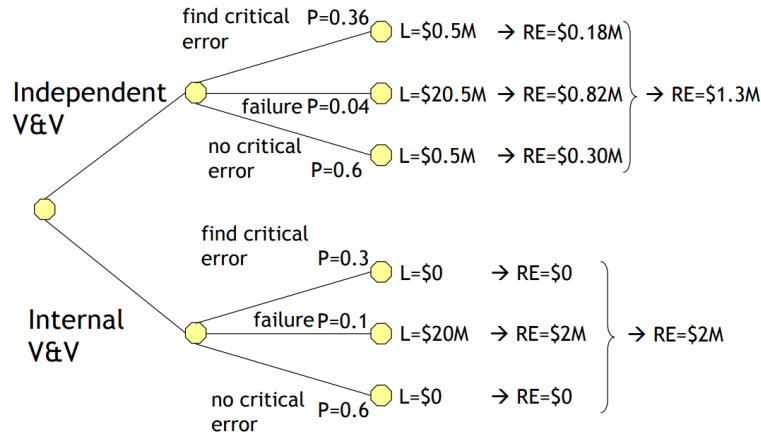


Figura 3.1: Decision tree

1. **and-node**: dove i figli di tali nodi sono eventi legati dal un and.
2. **or-node**: dove i figli di tali nodi sono eventi legati dal un or.

Esempio 2 (Risk tree). Vediamo ora un esempio di risk tree figura 3.2.

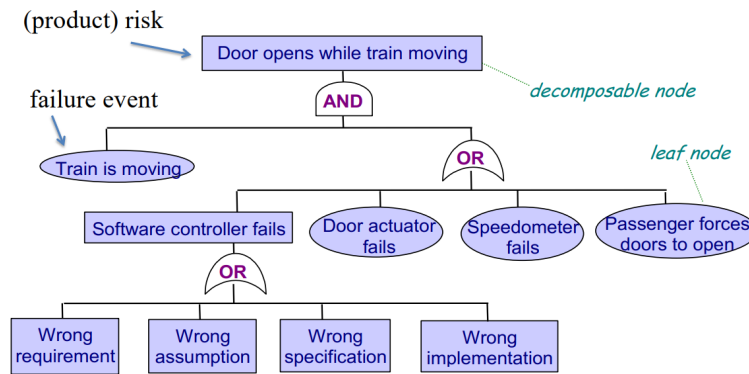


Figura 3.2: Risk tree

Nodi *and/or* vengono rappresentati tramite i simboli delle porte logiche. Dato un risk tree cerco le combinazioni di eventi atomici che possono portare al rischio. Per farlo si esegue la cut-set tree derivation, ovvero, partendo dalla radice, si riporta in ogni nodo la combinazione di eventi che possono produrre il fallimento e si vanno a calcolare le varie combinazioni degli eventi foglia. Praticamente si deriva un insieme di eventi non scomponibili sulle combinazioni dell'and.

Esempio 3 (Cut-set tree). Vediamo ora un esempio di cut-set tree figura 3.3.

3.2.3 Risk prioritization

Bisogna capire quali rischi sono più importanti di altri. Per farlo si pongono i valori di $P(UO)$ e $L(UO)$ in un range, per esempio, da 1 a 10, ricalcolando il risk exposure. Una volta fatto si lavora in base al risk-exposure.

Esempio 4 (Risk-exposure analysis). Vediamo ora un esempio del piano cartesiano di analisi della risk-exposure in figura 3.4. In questo modo è possibile identificare delle regioni del grafico con valori particolari di risk-exposure.

Si procede disegnando i dati su un piano con $P(UO)$ sull'asse delle y e $L(UO)$ su quello delle x e posizionando gli eventi su tale piano. Qualora i valori siano in un range si rappresentano con un segmento tra i due valori limite di risk exposure. Una volta rappresentati gli eventi, posso utilizzare delle curve per identificare zone di rischio diverse in base al risk exposure in modo da classificare i vari eventi.

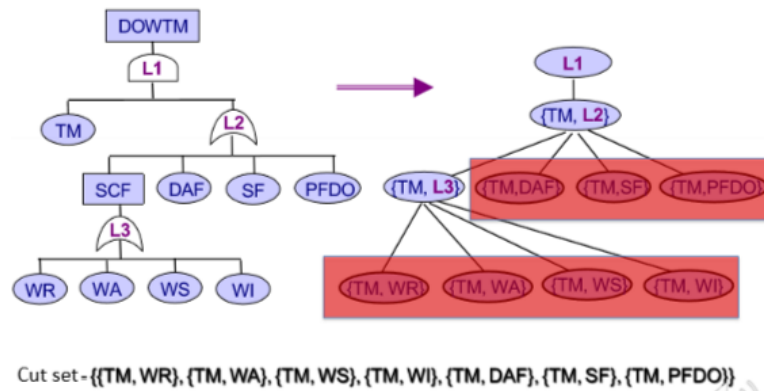


Figura 3.3: Cut-set tree

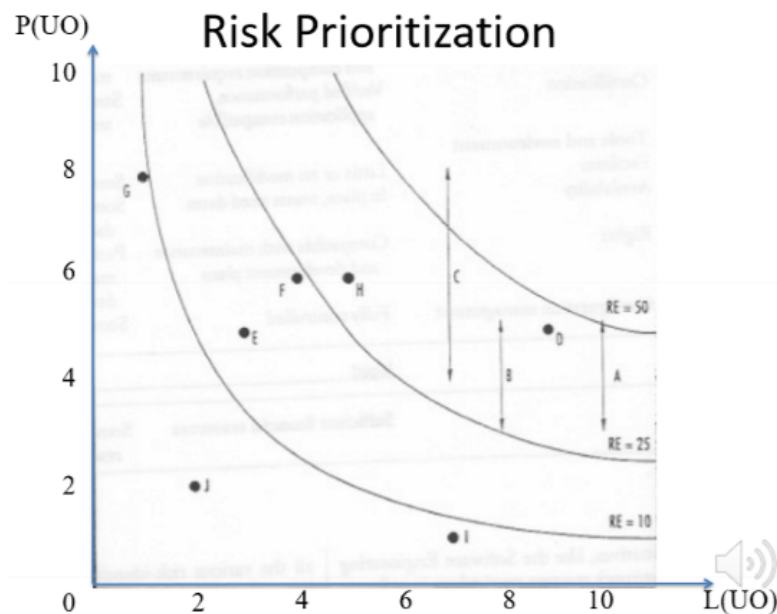


Figura 3.4: Risk-exposure analysis

3.2.4 Risk control

Bisogna quindi capire come gestire i rischi. Per ogni rischio bisogna definire e documentare un piano specifico indicante:

- Cosa si sta gestendo.
- Come mitigare il rischio e quando farlo.
- Di chi è la responsabilità.
- Come approcciarsi al rischio.
- Il costo dell'approccio al rischio.

Anche in questo caso ci vengono incontro liste e check-list con le tecniche di risk management più comuni in base al rischio specifico. Ci sono comunque strategie generali:

- Lavorare sulla probabilità che il rischio avvenga, sulla probabilità dei triggers. Bisogna capire come diminuire la probabilità. ($P(UO) \rightarrow 0$)
- Lavorare sull'eliminazione stessa del rischio. ($P(UO) = 0$)
- Lavorare sulla riduzione della probabilità di avere conseguenze al danno, non viene quindi ridotto il rischio. ($L(UO) \rightarrow 0$)

- Lavorare sull'eliminazione stessa del danno conseguente al rischio. ($L(UO) = 0$)
- Lavorare sul mitigare le conseguenze di un rischio, diminuendo l'entità del danno. ($L(UO) \rightarrow 0$)

Bisogna anche studiare le **contromisure**, da scegliere e attivare in base alla situazione. Si hanno due metodi quantitativi principali per ragionare quantitativamente sulle contromisure:

1. **Risk-reduction leverage**: dove si calcola quanto una certa contromisura può ridurre un certo rischio, utilizzando la seguente formula:

$$RRL(r, cm) = \frac{RE(r) - RE(\frac{r}{cm})}{cost(cm)} \quad (3.2)$$

dove r rappresenta il rischio, cm la contromisura e $\frac{r}{cm}$ la contromisura cm applicata al rischio r .

Calcolo quindi la differenza di risk exposure avendo e non avendo la contromisura e la divido per il costo della contromisura. La miglior contromisura è quella con il RRL maggiore, avendo minor costo e maggior efficacia dal punto di vista del risk exposure.

2. **Defect detection prevention**: questo metodo confronta le varie contromisure, confrontando anche gli obiettivi del progetto, in modo quantitativo facendo un confronto indiretto, producendo matrici in cui si ragiona in modo indipendente sulle singole contromisure e sui singoli rischi ma confrontando anche in modo multiplo.

Si ha un ciclo a tre step:

- (a) **Elaborare la matrice di impatto dei rischi** (*risk impact matrix*): questa matrice calcola l'impatto dei rischi sugli obiettivi del progetto. I valori della matrice variano da 0, nessun impatto, a 1, completa perdita di soddisfazione. Ogni rischio viene accompagnato dalla probabilità P che accada. Ogni obiettivo è accompagnato dal peso W che ha nel progetto.

La **criticità** di un rischio rispetto a tutti gli obiettivi indicati:

$$criticality(r) = P(r) \cdot \sum_{obj} (impact(r, obj) \cdot W(obj)) \quad (3.3)$$

La criticità sale se sale l'impatto e se sale la probabilità del rischio. Un altro dato è la **perdita** di raggiungimento di un obiettivo qualora tutti i rischi si verificassero:

$$loss(obj) = W(obj) \cdot \sum_{obj} (impact(r, obj) \cdot P(r)) \quad (3.4)$$

- (b) **Elaborare contromisure efficaci per la matrice**: si usa il fattore di criticità del rischio. Viene prodotta una nuova matrice con colonne pari ai rischi e righe pari alle contromisure. I valori saranno le riduzioni di rischio di una contromisura cm sul rischio r . La riduzione va da 0, nessuna riduzione, a 1, rischio eliminato.

Possiamo calcolare la **combineReduction**, che ci dice quanto un rischio viene ridotto se tutte le contromisure sono attivate:

$$combineReduction(r) = 1 - \prod_{cm} (1 - reduction(cm, r)) \quad (3.5)$$

Un altro valore è l'**overallEffect**, ovvero l'effetto di ogni contromisura sull'insieme dei rischi considerato:

$$overalleffect(cm) = \sum_r (reduction(cm; r) \cdot criticality(r)) \quad (3.6)$$

si avrà effetto maggior riducendo rischi molto critici.

- (c) **Determinare il bilanciamento migliore tra riduzione dei rischi e costo delle contromisure**. Bisogna considerare anche il costo di ogni contromisure e quindi si fa il rapporto tra effetto di ciascuna contromisura e il suo costo e scegliendo il migliore.

Il **contingency plan** viene attuato qualora il rischio si traduca in realtà. Si passa quindi al risk monitoring/resolution. Queste due parti sono tra loro integrate. I rischi vanno monitorati e all'occorrenza vanno risolti il prima possibile. Tutte queste attività sono costose e si lavora su un insieme limitato di rischi.

Capitolo 4

Capability Maturity Model Integration

Il **Capability Maturity Model Integration** (CMMI) che è un programma di formazione e valutazione per il miglioramento a livello di processo gestito dal CMMI Institute.

Bisogna prima introdurre il concetto di **maturità dei processi**. La probabilità di portare a termine un progetto dipende dalla maturità del progetto e la maturità dipende dal grado di controllo che si ha sulle azioni che si vanno a svolgere per realizzare il progetto. Si ha quindi che:

- Il progetto è immaturo quando le azioni legate allo sviluppo non sono ben definite o ben controllate e quindi gli sviluppatori hanno troppa libertà alzando la probabilità di fallimento.
- Il progetto è maturo quando le attività svolte sono ben definite, chiare a tutti i partecipanti e ben controllate. Si ha quindi un modo per osservare quanto si sta svolgendo e verificare che sia come pianificato, alzando le probabilità di successo e riducendo quelle di fallimento.

Risulta quindi essenziale ragionare sulla maturità del processo. Tale valore è definito tramite un insieme di livelli di maturità con associate metriche per gestire i processi, questo è detto **Capability Maturity Model** (CMM). In altri termini il modello CMM è una collezione dettagliata di best practices che aiutano le organizzazioni a migliorare e governare tutti gli aspetti relativi al processo di sviluppo.

Un processo migliore porta ad un prodotto migliore.

Il modello CMMI è composto da:

- **Process area**, che racchiude al suo interno una collezione di pratiche organizzate secondo obiettivi e riguarda una certa area del processo. Nel CMMI abbiamo 22 diverse process area. Ciascuna process area ha:
 - Un **purpose statement**, che descrive lo scopo finale della process area stessa.
 - Un **introductory notes**, con note introduttive che descrivano i principali concetti della process area.
 - Un **related process area**, se utile, con la lista delle altre process area correlate a quella corrente.
- Le process area si dividono in due tipologie di obiettivi:
 1. **Specific goals**, ovvero gli obiettivi specifici della singola process area in questione. All'interno di ognuno abbiamo una serie di **specific practices**, ovvero quelle azioni che se svolte permettono di raggiungere quell'obiettivo specifico e, a loro volta, tali pratiche sono organizzate in:
 - **Example work product**, ovvero elenchi di esempi di prodotti che possono essere generati attraverso l'adempimento delle pratiche.
 - **Subpractices**, ovvero descrizione dettagliata per l'interpretazione e l'implementazione.
 2. **Generic goals**, ovvero gli obiettivi comuni a tutte le process area. Questi obiettivi rappresentano quanto la process area sia ben integrata e definita nel contesto del processo ma questi criteri sono generali. All'interno dei quali abbiamo una serie di **generic practices**, comuni a tutti, con le pratiche che devono essere svolte per gestire positivamente una qualsiasi process area e, a loro volta, tali pratiche sono organizzate in:
 - **Generic practices elaborations**, ovvero ulteriori informazioni di dettaglio per la singola pratica.

-
- **Subpractices**, ovvero descrizione dettagliata per l'interpretazione e l'implementazione.

Tra i principali generic goals (GG) abbiamo:

- **GG1**: raggiungere i specific goals, tramite l'esecuzione delle specific practices.
- **GG2**: “ufficializzare” un managed process, tramite training del personale, pianificazione del processo, controllo dei work product etc. . .
- **GG3**: “ufficializzare” un defined process, tramite la definizione rigorosa del progetto e la raccolta di esperienze legate al processo.

Per capire quanto un processo software è organizzato secondo questo standard bisogna “mappare” quali goals e quali pratiche si stanno svolgendo e usare CMMI non solo come *ispirazione* ma come vero e proprio standard per definire le azioni da svolgere nonché per confrontare il nostro operato e studiarlo qualitativamente. Lo studio qualitativo mi permette di stabilire la maturità del progetti, secondo un certo livello di compliance, detto CMMI level. Tale qualità che può essere certificata da enti certificatori appositi.

Studiamo a fondo questi livelli di maturità e la loro codifica. Si hanno due linee di sviluppo/miglioramento:

1. **Capability levels (CL)**, indica quanto bene si sta gestendo una particolare process area. Quindi per una singola process area mi dice quanto bene sto raggiungendo i generic goals. Il capability level ha valore compreso tra 0 e 3, estremi inclusi:
 - **Level 0 o incomplete**: dove le pratiche per una specifica process area sono state svolte parzialmente o probabilmente non vengono svolte.
 - **Level 1 o performed**: dove si eseguono le pratiche e i vari specific goals sono soddisfatti. (GG1)
 - **Level 2 o managed**: dove oltre alle pratiche si ha anche una gestione delle attività stesse. Si ha una policy per l'esecuzione delle pratiche. (GG2)
 - **level 3 o defined**: dove l'intero processo è ben definito secondo lo standard, descritto rigorosamente e si ha un processo completamente su misura dell'organizzazione. (GG3)

I capability levels di ciascuna process area possono essere rappresentati su un diagramma a barre, dove viene indicato il livello attuale e il profile target, ovvero il livello a cui quella process area deve arrivare.

2. **Maturity levels (ML)**, indica il livello di maturità raggiunto dall'intero processo di sviluppo, basandosi su tutte le process area attivate. Il Maturity level ha valore compreso tra 1 e 5:
 - **Level 1 o initial**: dove si ha un processo gestito in modo caotico.
 - **Level 2 o managed**: dove si ha un processo ben gestito secondo varie policy.
 - **Level 3 o defined**: dove si ha un processo ben definito secondo lo standard aziendale.
 - **Level 4 o quantitatively managed**: dove si stabiliscono obiettivi quantitativi per la qualità e le performance del processo, in modo da poterli utilizzare per la gestione.
 - **Level 5 o optimizing**: dove grazie alle informazioni raccolte ottimizzo il processo, in un'idea di continuous improvement del progetto.

Il raggiungimento della maturità quando si utilizza la rappresentazione a stadi si ha quando il livello di maturità (Maturity levels) è 4 o 5. Il raggiungimento del livello di maturità 4 implica l'implementazione di tutte le aree di processo per i livelli di maturità 2, 3 e 4. Allo stesso modo, il raggiungimento del livello di maturità 5 implica l'implementazione di tutte le aree di processo per i livelli di maturità 2, 3, 4 e 5.

Mentre, quando si utilizza la rappresentazione continua, si raggiunge un'elevata maturità usando il concetto di stadiazione equivalente. La maturità che è equivalente al livello livello di maturità 4 utilizzando lo staging equivalente si raggiunge quando si raggiunge il livello di capacità 3 per tutte le aree di processo, ad eccezione dell'Organizational Performance Management (OPM) e Causal Analysis and Resolution (CAR). L'elevata maturità, equivalente al livello di maturità 5 utilizzando una equivalente è raggiunta quando si raggiunge il livello di capacità 3 per tutte le aree di processo.

Si possono confrontare CMMI e le pratiche agili. Ciò che viene svolto ai livelli 2 e 3 (con qualche piccolo adattamento) di maturity level si fa ciò che viene fatto anche coi metodi agili. In merito ai livelli 4 e 5 di maturity level si hanno pratiche che non rientrano nell'ottica dei metodi agili. Quindi un'organizzazione può usare i metodi agili ed essere standardizzata rispetto CMMI raggiungendo un maturity level 2 o 3. CMMI è quindi uno standard industriale con certificazioni ufficiali.

Capitolo 5

Requirements Engineering

Quando si parla di **requirements engineering** (RE) di fatto ci si concentra sulla comprensione di come una soluzione software si deve comportare per risolvere un certo problema. In questo senso bisogna prima comprendere quale sia il problema da risolvere e in quale contesto tale problema si verifica, per poter arrivare ad una soluzione corretta ed efficace a problemi reali. Non si parla quindi della progettazione in se, ma del “cosa” deve fare il software.

Vediamo ora l’analogia classica per spiegare il requirements engineering, rappresentata dal problema mondo e la soluzione macchina. Si hanno:

- Il **mondo**, con un problema derivante dal mondo reale, esso stesso produce il problema che bisognerà risolvere con un calcolatore.
- La **macchina**: bisogna svilupparla per risolvere il problema.
- **Requirements engineering** che si occupa di definire gli effetti della macchina sul problema del mondo e definire assunzioni e proprietà principali del mondo stesso.

Macchina e mondo possono condividere alcuni componenti, con la macchina che modifica il mondo. Nel requirements engineering studiamo quindi il mondo, senza definire come funziona internamente la macchina.

Quando si parla di requirements engineering è bene distinguere due elementi:

- Ogni volta che prendiamo in considerazione un problema esiste sempre un **system-as-is**, ovvero un sistema preesistente che già risolve il problema. Si ha quindi sempre un sistema da cui partire.
- **System-to-be**: ovvero il sistema che si andrà a realizzare. In altre parole è il sistema quando la macchina/software ci opera sopra.

Studiare il system-as-is è essenziale per poter lavorare al system-to-be.

Definizione 5 (Requirements engineering). *Il requirements engineering è, formalmente, un insieme di attività:*

- *Per esplorare, valutare, documentare, consolidare, rivisitare e adattare gli obiettivi, le capacità, le qualità, i vincoli e le ipotesi su un system-to-be.*
- *Basate sul problema sorto dal system-as-is e sulle nuove opportunità tecnologiche.*

L’output di queste attività è un documento di specifica dei requisiti con tutto ciò che soddisfa il sistema. Se l’output non è un singolo documento si ha una collezione di singoli requisiti, che nel metodo agile sono storie/cards e in altri metodi un repository centrale con un database condiviso contenete i vari requisiti.

In ogni caso si ha un insieme di requisiti su come si deve comportare il sistema che si andrà a realizzare.

In un modello di sviluppo a cascata requirements engineering è una delle primissime attività, subito dopo quelle di definizione del sistema e di business plan.

Per gli aspetti tecnici è probabilmente la prima attività svolta, occupandosi di ottenere il giusto sistema da sviluppare.

Un errore commesso in questa fase può portare ad un ottimo software che risolve i problemi sbagliati oppure a un software che non risolve tutti i problemi che dovrebbe risolvere.

Sbagliare il requirements engineering è una causa di fallimento del progetto.

Lavorare sui requirements non è semplice per diversi motivi:

- Si deve ragionare su tante versioni del sistema come il system as-is, il system to-be e il system to-be-next, volendo essere lungimiranti per il comportamento del sistema, sapendo e prevedendo evoluzioni future.
- Si lavora in ambienti ibridi in un contesto che va compreso a fondo.
- Si hanno diversi aspetti funzionali, qualitativi e di sviluppo.
- Si hanno diversi livelli di astrazione, con obiettivi strategici a lungo termine di inserimento sul mercato e dettagli operazionali.
- Si hanno tanti stakeholders, quindi con diverse parti interessate di cui risolvere problemi e interessi con potenziali conflitti tra i vari stakeholders.
- Si hanno tante attività tecniche legate l'una con l'altra:
 - Conflict management
 - Risk management
 - Evaluation of alternatives
 - Prioritization
 - Quality assurance
 - Change anticipation

5.1 Tipi di requisiti

Bisogna anche ragionare sui tipi di requisiti su cui si deve lavorare. Una prima differenza si ha nel modo in cui sono scritti i requisiti. Si hanno quindi:

- **Descriptive statements:** rappresentano i requisiti non negoziabili, ovvero dei comportamenti derivanti dalle leggi del mondo su cui si lavora. Si ha quindi zero margine di modifica.
- **Prescriptive statements:** indicano requisiti negoziabili.

Entrambi sono importanti e vanno considerati. Spesso si possono avere dei requisiti che chi lavora nell'ambiente da per scontato, ma chi invece lavora sul software non conosce.

I requisiti possono inoltre differire per gli elementi che prendono in considerazione. In particolare, si possono avere:

- **System requirements:** come si comporta l'ambiente, per capirne il funzionamento.
- **Software requirements:** come si comporta il software nell'ambiente, studiando i cosiddetti *shared phenomena*.

ricordando che:

$$\text{Sistema} = \text{Ambiente} + \text{Software}$$

$$\text{System requirements} = \text{Software requirements} + \text{Domain Properties} + \text{Assumption}$$

I requisiti comunque non riguardano mai il comportamento interno del software.

Si hanno 3 dimensioni:

1. **Dimensione del why:** si identificano, analizzano e refiniscono i requisiti del system-to-be con lo scopo di affrontare le carenze analizzate del system-as-is, in linea con gli obiettivi di business, sfruttando le opportunità tecnologiche. Si hanno le seguenti difficoltà:
 - Acquisire conoscenza del dominio.
 - Valutare opzioni alternative.
 - Abbinare problemi-opportunità e valutarli in termini di implicazioni, e rischi associati.
 - Gestire obiettivi contrastanti.

2. **Dimensione del what:** si identificano, analizzano e rifiniscono le funzionalità del system-to-be per soddisfare gli obiettivi individuati in base a vincoli basati su ipotesi realistiche sull'ambiente. Si hanno le seguenti difficoltà:
 - Identificare il giusto set di funzionalità.
 - Specificarle precisamente per essere comprese da tutte le parti.
 - Garantire la tracciabilità backward per gli obiettivi del sistema.
3. **Dimensione del who:** si assegna responsabilità per gli obiettivi, i servizi, i vincoli tra i componenti del system-to-be in base alle loro capacità e agli obiettivi del sistema, oltre i confini dell'ambiente software. La difficoltà è valutare opzioni alternative per decidere il giusto grado di automazione.

I requisiti che riguardano l'ambiente possono essere di due forme:

- **Domain properties:** proprietà riguardanti l'ambiente, queste sono immutabili.
- **Assumptions:** su come è fatto l'ambiente. Il software funzionerà solo negli ambienti che soddisfano quella certa assunzione. Se troppo restrittive possono portare al fallimento del progetto, che riguarderebbe pochissimi casi particolari.

Definizione 6 (Domain property). Definiamo *domain property* come un *descriptive statement sui problemi legati ai fenomeni del mondo, a prescindere da qualsiasi software-to-be*.

$$\text{Domain property} \subseteq M \times C \quad (5.1)$$

se leggi che non possono essere infrante.

Si ha che:

$$\text{Software requirements} = \text{map}(\text{System requirements}, \text{Software requirements}, \text{Domain property})$$

È utile quindi fare una distinzione per quanto concerne i requisiti del software. Abbiamo due famiglie principali di requisiti:

- **Requisiti funzionali:** che indicano le funzionalità che un sistema (system-to-be) deve implementare, cosa deve essere in grado di fare. Non sono prevedibili prima di studiare il sistema.
- **Requisiti non funzionali:** che indicano delle qualità o dei vincoli sulle funzionalità e quindi sui requisiti funzionali. Questa famiglia di aspetti non funzionali è più o meno standard.

Per l'identificazione dei requisiti non funzionali si può utilizzare una *tassonomia*, riportata in figura 5.1, dove si trovano organizzati aspetti non funzionali tali per cui, dopo aver individuato le funzionalità posso ricercare eventuali requisiti non funzionali. Per alcuni tipi di progetti requisiti funzionali e non funzionali sono difficilmente

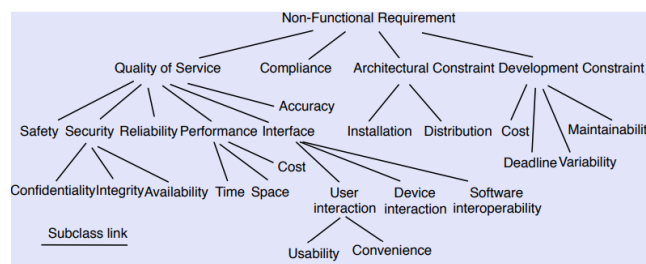


Figura 5.1: Tassonomia dei requisiti non funzionali

distinguibili, spesso c'è il rischio che siano mischiati.

Le interazioni tra l'ambiente e sistema si possono effettuare secondo lo schema riportato in figura 5.2. Lo scambio di informazioni avviene mediante gli I/O device e 4 tipologie di variabili:

- **Input data (I):** variabili tra input device e software-to-be.
- **Output results (O):** variabili tra software-to-be e output device.
- **Controlled variables (C):** variabili tra output device e ambiente.

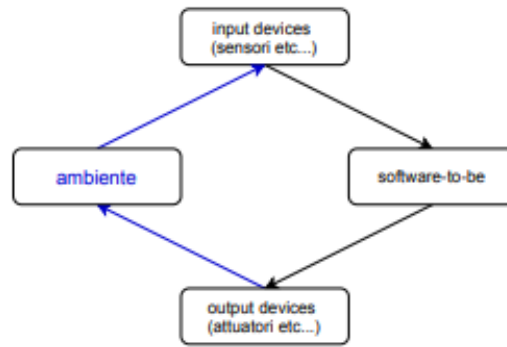


Figura 5.2: Schema delle interazioni tra sistema e ambiente

- **Monitored variables** (M): variabili tra ambiente e input device.

I requisiti introdotti precedentemente sono in relazione con queste variabili. In particolare abbiamo:

$$\begin{aligned}
 \text{System requirements} &\subseteq M \times C \\
 \text{Software requirements} &\subseteq I \times O \\
 \text{Assunzioni} &\subseteq M \times C \cup M \times I \cup C \times O \\
 \text{Domain property} &\subseteq M \times C
 \end{aligned}
 \tag{5.2}$$

5.2 Qualità dei requisiti

Si hanno diversi aspetti di cui preoccuparsi nell'analisi dei requisiti. Tra i principali abbiamo:

- **Completezza**: è necessario descrivere tutti i requisiti rilevanti del progetto, identificando tutti i comportamenti del sistema e documentarli in modo adeguato. È una qualità virtualmente irraggiungibile in modo assoluto, non è infatti verificabile. Inoltre i requisiti variano al proseguire del progetto, interagendo anche con gli stakeholders, rendendo questo uno degli aspetti più difficili da studiare.
- **Consistenza**: i requisiti non devono presentare dei conflitti, dato l'elevato numero di requisiti è facile introdurre inconsistenze.
- **Non ambiguità**: tutto deve essere chiaro e non soggetto ad interpretazione.
- **Misurabilità**: ogni requisito non deve essere basato su interpretazioni vaghe ma bensì su misure concrete e specifiche.
- **Fattibilità**: non si devono avere requisiti basati su funzionalità irrealizzabili.
- **Comprensibilità**.
- **Buona struttura**.
- **Modificabilità**: possibilità di avere il risultato mantenibile del tempo.
- **Tracciabilità**: individuando tutti gli artefatti ottenibili come conseguenza e tracciandoli. Si tracciano anche le dipendenze tra requisiti.

Vediamo quindi gli errori che si fanno quando si va ad identificare i requisiti:

- **Omissioni**: non si riesce ad identificare qualche requisito. Anche un riconoscimento tardivo è un problema in quanto comporta la modifica del documento, non sempre facile.
- **Contraddizioni**: si presentano conflitti tra i requisiti.
- **Inadeguatezza**: requisiti che non sono adeguati per un determinato problema.
- **Ambiguità**: requisiti interpretabili.
- **Non misurabilità**: non si riesce a fornire una misura di certi requisiti, specialmente non funzionali, che comportano difficoltà di gestione.

Si hanno anche altri tipi di errore:

- Essere troppo specifici nella definizione dei requisiti includendo anche comportamenti interni al software che non dovrebbero essere descritti in questa fase.
- Descrivere requisiti non implementabili considerando vincoli temporali o di costo.
- Descrivere requisiti complessi da leggere.
- Avere poca struttura nella stesura dei requisiti, a livello visivo.
- Se si produce un documento bisogna evitare di fare riferimento a requisiti che non sono stati ancora descritti, ovvero evitando il *forward reference*.
- Evitare “rimorsi” di non aver definito nel momento giusto certi concetti che magari erano stati usati, senza definizione, precedentemente.
- Evitare la poca modificabilità del documento. È buona norma avere delle “costanti simboliche”, definite all’inizio, a cui fare riferimento nel documento, in modo che un’eventuale modifica si rifletta su tutto il documento.
- Evitare l’opacità/logica di fondo/rationale/motivazioni dei requisiti, in modo che sia chiaro il perché esso è stato incluso, portando a mettere in discussione requisiti in realtà sensati a cui si arriverebbe comunque dopo ulteriore analisi, dopo aver perso ulteriore tempo.

5.3 Il processo requirements engineering

Il processo di requirements engineering è composto da 4 fasi che seguono una struttura a spirale, come riportato in figura 5.3:

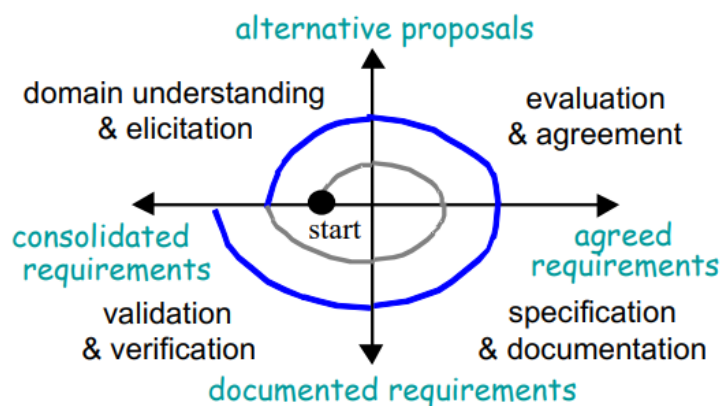


Figura 5.3: Rappresentazione modello a spirale

1. **Domain understanding & elicitation:** in questa fase si hanno due parti principali:

- **Domain understanding:** in questa fase si ha lo studio del system-as-is in ottica di studio del dominio applicativo, studio del business organizzazione che vuole il prodotto. Si studiano anche forze e debolezze del system-as-is. Si studia il dominio applicativo per ottenere il miglior system-to-be possibile. Inoltre, si identificano gli stakeholders del progetto per poter capire a fondo interessi e fini. Come output di questa fase si hanno le sezioni iniziali per la bozza di proposta preliminare e il glossario dei termini.
- **Requirements elicitation:** studio più approfondito nel mondo attraverso un’ulteriore analisi dei problemi legati al system-as-is. Inoltre, vengono identificati, grazie all’aiuto degli stakeholders:
 - Opportunità tecnologiche
 - Condizioni del mercato
 - Obiettivi di miglioramento

- Vincoli, organizzativi e tecnici, del system-as-is
- Alternative per raggiungere l'obiettivo e assegnare le responsabilità.
- Scenari di ipotetica interazione software-ambiente
- Requisiti del software
- Assunzioni sull'ambiente

In in output si hanno ulteriori sezioni per la bozza di proposta preliminare.

2. **Evaluation & agreement:** si effettuano decisioni basate sull'interazione con i vari stakeholders, per poter valutare e decidere, avendo cambiamenti dei rischi in base a:

- Identificazione e risoluzione di conflitti di interesse.
- Identificazione e risoluzione di rischi legati al sistema proposto.
- Comparazione e scelta tra le alternative proposte in merito a obiettivi e rischi.
- Prioritization dei requisiti, al fine di risolvere conflitti, definire vincoli di costi e tempi, supportare lo sviluppo incrementale.

In in output a questa fase si hanno le sezioni finali per la bozza di proposta preliminare, dove si documentano gli obiettivi selezionati, i requisiti, le assunzioni e il rationale, la logica di fondo delle opzioni selezionate.

3. **Specification & documentation:** in questa fase si raccoglie quanto detto nelle prime due fasi per produrre il documento, si hanno quindi:

- Definizione precisa di tutte le funzionalità del sistema scelto, tra cui:
 - Obiettivi, concetti, proprietà rilevanti del dominio d'interesse, requisiti del sistema, requisiti del software, assunzioni sull'ambiente e responsabilità.
 - Motivazioni e logica di fondo delle opzioni scelte.
 - Probabili evoluzioni del sistema ed eventuali variazioni.
- Organizzazione di quanto appena citato in una struttura coerente.
- Documentazione del tutto in un formato comprensibile a tutte le parti, mettendo in allegato:
 - Costi
 - Piano di lavoro
 - Tempi di consegna del risultato

In output a questa fase si ha il vero e proprio **Requirements Document (RD)**.

4. **Validation & verification:** in questa fase si studia il requirements document, ovvero si studia la garanzia di qualità del requirements document, analizzando varie attività:

- Validazione, ovvero vedendo se quanto contenuto nel requirements document è adeguato con quanto si necessita.
- Verifica, controllando se ci sono omissioni o inconsistenze.
- Correzione di eventuali errori e difetti.

In output a questa fase si ha un requirements document consolidato.

Come è stato detto queste quattro fasi si ripetono in modo iterativo. Questo viene fatto in quanto si possono avere evoluzioni nel processo nonché correzioni di quanto già fatto che si propagano su tutto il documento. Le evoluzioni e le correzioni possono sopraggiungere durante:

- Il requirements engineering stesso.
- Lo sviluppo del software.
- Dopo il deploy del software stesso.

Dopo ogni ciclo si è molto più consci del sistema e si può passare al miglioramento del requirements engineering con più efficacia.

5.3.1 Domain understanding & elicitation

Iniziamo analizzando la fase di **elicitation**, la quale consiste in un insieme di tecniche atte allo scoprire requisiti che un progetto deve soddisfare.

Stakeholders

La selezione degli stakeholders del progetto è la prima fase che viene svolta per poter lavorare alla elicitation.

Definizione 7 (Stakeholder). *In generale uno **stakeholder** è un'organizzazione o una persona che nutre un interesse rispetto al progetto. Si hanno diversi aspetti per la selezione degli stessi:*

- *Posizione nell'organizzazione.*
- *Ruolo nel prendere decisioni sul system-to-be.*
- *Livello di esperienza del dominio applicativo.*
- *Esposizione al problema che il sistema deve risolvere.*
- *Influenza nell'accettazione del sistema.*
- *Obiettivi personali ed eventuali conflitti di interesse.*

Conoscendo gli stakeholders avremo modo di prendere in considerazioni gli interessi di essi tramite diverse strategie. Idealmente si vuole realizzare qualcosa che soddisfi gli interessi di tutti.

Questa è un'attività insidiosa in quanto non si può dire se l'insieme degli stakeholders sia completo. Si hanno anche stakeholders che non sono dell'organizzazione o che non interagiscono direttamente col sistema.

Un modo per identificare gli stakeholders è tramite una serie di semplici domande, poste durante una piccola attività di brainstorming:

- Chi è influenzato positivamente e negativamente dal progetto?
- Chi ha il potere di fargli avere successo (o farlo fallire)?
- Chi prende le decisioni in materia di denaro?
- Chi sono i fornitori?
- Chi sono gli utenti finali?
- Chi ha influenza, anche indiretta, sugli altri stakeholder?
- Chi potrebbe risolvere potenziali problemi con il progetto?
- Chi si occupa di assegnare o procurare risorse o strutture?
- Chi ha competenze specialistiche cruciali per il progetto?

Dimenticare uno stakeholders può portare ritardi o fallimenti del progetto, dovendo rivedere magari requisiti o dovendo rifare parti di sviluppo. Si hanno varie difficoltà nell'acquisire informazioni dagli stakeholders, rendendo complesso il dialogo:

- Fonti di conoscenza sul sistema distribuite sui vari stakeholders e tali fonti spesso sono contrastanti.
- Accesso difficile alle fonti.
- Ostacoli alla buona comunicazione, avendo background diversi sul dominio.
- Conoscenza non comunicata esplicitamente e bisogni nascosti.
- Fattori socio-politici.
- Condizioni instabili e mutabili, cambiano gli stakeholders, si hanno dinamiche aziendale mutevoli e cambi di ruoli. Anche per questo si hanno i metodi agili.

Servono quindi buone capacità comunicative, sapendo usare la giusta terminologia di dominio, arrivando dritti al punto e creando un rapporto di fiducia con gli stakeholders. Si ha inoltre una piccola pratica, detta *knowledge reformulation*, ovvero quando si acquisiscono informazioni anche da fonti multiple è bene riformulare tale informazione allo stakeholder, per verificare una corretta comprensione.

È bene fare distinzione sulle tecniche di engagement con gli stakeholders, considerando due variabili, catalogandole in low e high:

1. **Potere decisionale.**
2. **Interesse nel progetto.**

Si ha quindi una classificazione degli stakeholders in base a queste due variabili: Dove nel dettaglio:

Potere	Interesse	Strategia
high	high	Fully engage
high	low	Keep satisfied
low	high	Keep satisfied
low	low	Minimum effort

- **Fully engage:** implica un coinvolgimento regolare degli stakeholders che in questo caso sono della categoria principale.
- **Keep satisfied:** si hanno due casi:
 - Se hanno alto potere decisionale si cerca di mantenerli informati e soddisfatti ma senza troppi dettagli.
 - Se hanno alto interesse, essendo spesso gli end-user, si cerca di consultarli spesso cercando di risolvere le problematiche indicate, coinvolgendoli regolarmente per ottenere dettagli e informazioni specifiche, essendo spesso i più informati sui dettagli.
- **Minimum effort:** mentendoli informati in modo generale e monitorandone eventuali cambi di ruolo, potere o interesse.

Elicitation techniques

Passiamo quindi alle tecniche di elicitation. Si hanno due famiglie principali:

- **Artefact-driven:** uso di artefatti per poter scoprire requisiti.
 1. **Background study:** ovvero collezionare leggere e sintetizzare documenti su:
 - Le organizzazioni stesse.
 - Il dominio applicativo.
 - Il system-as-is, ovvero workflow documentati, procedure, regole di business, report di errori, richieste di cambiamenti ...

Queste collezioni di dati ci permettono di informarci in modo autonomo sul mondo in cui si andrà a lavorare, senza coinvolgere lo stakeholders, in quanto costoso, dispendioso e limitato in termini di tempo. Gli stakeholders vanno interpellati non per informazioni reperibili autonomamente ma per estrarre conoscenza non pubblica e non documentata. Ci si presenta allo stakeholder già con una base di conoscenza e conoscendo già la terminologia corretta del dominio.

Si ha quindi l'attività di data collection dove si estraggono informazioni utili per studiare il target. Si possono fare attività di survey. Si collezionano dati anche già documentati.

L'attività di background study ha ovviamente dei limiti di scalabilità, non potendo leggere troppe cose, sia per tempo che per costo. Si ha quindi la meta-knowledge per selezionare le parti dei documenti più rilevanti. Queste attività sono essenziali all'avvio di un progetto.

Quindi il **pro** principale è che si ottengono informazioni di base per interagire con gli stakeholder, perché permette di chiedere direttamente informazioni non banali. Il **contro** principale è che bisogna analizzare tanti documenti e questa è un'operazione costosa, le informazioni di interesse sono solo una piccolissima parte, quindi bisogna avere un minimo di intuito per selezionare velocemente le informazioni rilevanti.

2. **Questionari:** si sottomette una lista di domande chiuse agli stakeholder, ogni domanda sarà misurabile quantitativamente (percentuali) e qualitativamente. I questionari sono perfetti per ottenere velocemente, economicamente e a distanza informazioni da molte persone, sono utilizzati per prepararsi bene alle interview. I problemi sul loro utilizzo sono:

- Bias nelle domande: si danno per scontate delle informazioni.
- Informazioni inaffidabili: spesso ci possono essere informazioni mal interpretate e risposte inconsistenti.

Le linee guida sono:

- Identificare un gruppo statisticamente significativo di persone.
- Controllare la copertura delle domande e delle risposte.
- Controllare che le domande e le risposte siano non ambigue e senza bias.
- Aggiungere domande ridondanti per identificare risposte inconsistenti.
- Controllare il questionario da un'altra persona.

3. **Storyboards:** narrazioni, tramite esempi, di uso del sistema, sia del system-as-is che del system-to-be. Sono quindi storie fatte tramite sequenze di snapshots. Tali storie si creano in due modi:

- **Attivo**, dove lo stakeholder contribuisce alla costruzione della narrazione.
- **Passivo**, dove si narra la storia costruita allo stakeholder.

Ovviamente vengono fatte solo per i workflow chiari.

4. **Scenari:** descrivono, attraverso una sequenza di interazioni rappresentate con testi o diagrammi, l'utilizzo del sistema, sia as-is, sia to-be. L'uso di esempi rende semplice la comunicazione e l'interazione con gli altri. Si hanno 4 tipi di scenario:

- **Positivo**, ovvero come il sistema si dovrebbe comportare, si dividono in:
 - * **Normale:** ovvero tutto procede come dovrebbe.
 - * **Anormale:** ovvero cosa succede in casi eccezionali.
- **Negativo:** ovvero cosa il sistema non dovrebbe fare.

I **pro** sono che si hanno esempi e controesempi concreti, usabili per i test case e piacciono agli stakeholders.

I **contro** sono che non sono completi, si ha un'esplosione combinatoria, potenzialmente inutilmente specifici, spesso la sequenza descritta non deve essere per forza mantenuta nel futuro sistema, molti dettagli irrilevanti e incompatibili dettagli da diversi stakeholders.

5. **Prototipi e mock-up:** sono realizzati quando l'obiettivo è quello di controllare l'adeguatezza di un requisito, che viene mostrato in modo visuale nella sua ipotetica formula finale. Si hanno quindi piccoli esempi del software in azione, chiarendo e verificando che sia quello di cui l'utente ha bisogno. Ovviamente un mock-up non ha la logica applicative ma risposte costruite a priori. A seconda del tipo di mock-up il focus è su:

- **Funzionale:** funzionalità, se sono state comprese correttamente e in modo esaustivo.
- **UI:** UI e UX, avendo focus più orientati all'usabilità.

Si parla di mock-up se dopo l'uso viene buttato e di prototipo se, in caso di approvazione, viene usato come base del software o comunque riutilizzato in qualche modo, fornendo eventualmente una base evolutiva del software finale.

I **pro** sono che si ha un'idea concreta di cosa il software farà e come sarà, chiarisce i requisiti e mostra quelli nascosti, migliora l'accettabilità.

I **contro** sono che possono creare aspettative troppo alte come tempi di risposta istantanei, quando in realtà non si ha implementato nulla, il codice è molto sporco difficile da riutilizzare per il software finale e, infine, sono costosi.

6. **knowledge reuse:** per velocizzare l'elicitation, si riusano conoscenze pregresse da sistemi simili a quello sotto studio. Si hanno 3 fasi:

- (a) Trarre conoscenze e informazioni rilevanti da altri sistemi.
- (b) Trasporle nel sistema in studio.
- (c) Convalidare il risultato, adattarlo se necessario e integrarlo con la conoscenza del sistema già acquisita.

Tali conoscenze possono essere dipendenti o indipendenti dal dominio. Si hanno i seguenti pro:

- Analisti esperti riutilizzano naturalmente dall’esperienza passata.
- Riduzione degli sforzi di elicitation.
- Ereditarietà della struttura e qualità delle specifiche del dominio astratto.
- Efficace per completare i requisiti con aspetti trascurati.

e i seguenti contro:

- Efficace solo se il dominio astratto è sufficientemente simile e accurato.
- Definire domini astratti per una riusabilità significativa è difficile.
- Si hanno forti sforzi di convalida e integrazione.
- Le corrispondenze vicine possono richiedere adattamenti complicati.

7. **Card sort:** che consiste nel chiedere agli stakeholder di suddividere un set di carte dove:

- Ogni carta cattura un concetto in modo testuale o grafico.
- Carte raggruppate in sottoinsiemi in base ai criteri degli stakeholder.

L’obiettivo è acquisire ulteriori informazioni sui concetti già evocati. Per ogni sottoinsieme, chiedere la proprietà condivisa implicita utilizzata per il raggruppamento per poi ripetere con le stesse carte per nuovi raggruppamenti / proprietà.

- **Stakeholders-driven:** fanno invece uso degli stakeholders.

1. **Intervista** che consiste in:

- Selezione mirata dello stakeholder, in base alle informazioni necessarie.
- Fare l’intervista registrando le risposte.
- Scrivere il transcript dell’intervista e produrre subito il report.
- Sottomettere all’intervistato il report per validazione.

Si può avere un’intervista anche con più stakeholder. L’intervista è una tecnica costosa e le interviste possono essere poche, bisogna quindi procedere in modo attento. Si hanno due tipi di interviste:

- **Strutturate:** si parte con un insieme di domande già scelto per un certo obiettivo. Si dà poco spazio ad una discussione aperta.
- **Non strutturate:** si dà spazio alla discussione aperta e libera sul system-as-is, sulle problematiche e sulle soluzioni.

Spesso si hanno interviste miste, nella prima parte strutturate e poi con domande e argomenti liberi. Gli argomenti vanno calibrati così come il numero di domande, per evitare perdite di tempo e di attenzione da parte dello stakeholder. Vediamo quindi qualche linea guida per la preparazione delle interviste.

- Bisogna arrivare preparati, tramite il background study.
- Per costruire un rapporto con lo stakeholder le domande devono essere su misura dello stesso, in base al suo lavoro e ruolo.
- Mettere in centro all’intervista necessità e problematiche dell’intervistato, chiarendo di essere interessati al suo punto di vista.
- Evitare che la discussioni dilaghi su argomenti inutili.
- Fare in modo che l’intervistato si senta a suo agio, magari iniziando con qualche chiacchiera informale e domande semplici per poi spostarsi su domande difficili.
- Dimostrarsi affidabile.
- Chiedere sempre “perché” cercando il rationale di ciò che si chiede.
- Evitare domande bias che influenzino la risposta.
- Evitare domande ovvie che facciano pensare all’intervistato che stia perdendo tempo.
- Evitare domande a cui sicuramente l’intervistato non sa rispondere.

Nel *transcript* bisogna includere reazioni personali.

2. **Studi osservazionali ed etnografici:** studi che si basano sull’osservazione degli stakeholders stessi all’azione, nell’ottica del system-as-is, osservando come svolgono vari task per cogliere problemi e funzionalità. Si hanno due modalità di osservazione:

- **Osservazione passiva:** non si produce interferenza sulle azioni dello stakeholder, guardando da fuori, registrando record e producendo un transcript. Si hanno due particolari osservazioni passive:
 - (a) **Protocol analysis:** si studia qualcuno che svolge un certo protocollo, un certo task.
 - (b) **Ethnographic studies:** studio che si svolge in un lungo periodo di tempo, dove si prova a scoprire le proprietà emergenti del gruppo sociale coinvolto.
- **Osservazione attiva:** dove si svolge in prima persona i task, diventando eventualmente team member, capendo attivamente come deve essere svolto un task.

I **pro** sono che si può scoprire la **tacit knowledge** emergente e i **problemi nascosti**, in aggiunta si ha una **contestualizzazione** delle informazioni acquisite.

I **contro** sono che è **lento e costoso**, deve essere fatto su un lungo periodo e in differenti tempi, con diversi carichi di lavoro. Potrebbe essere **inaccurato** perché le persone potrebbero lavorare diversamente perché osservate e si ha un focus sul system-as-is.

3. **Group sessions:** ovvero una famiglia di tecniche utili per la risoluzione di conflitti. L'elicitation prende la forma di un "workshop" di uno o più giorni in cui si ha una discussione tra vari partecipanti scelti in modo accurato a seconda dall'obiettivo, innescando una discussione utile a comprendere il system-to-be.

Mettendo insieme le parti con visioni conflittuali si possono risolvere conflitti. Su hanno due tipologie di group sessions:

- **Strutturate:** ogni partecipante ha un ruolo chiaramente definito. Ognuno contribuisce in funzione del ruolo, permettendo di ragionare su requisiti di più alto livello, comuni a più figure, e su conflitti ad alto livello.
- **Non strutturate:** dette anche sessioni brainstorming, dove i partecipanti non hanno un ruolo definito. La sessione è formata da due fasi:
 - (a) Generazione delle idee, dove tutti espongono le proprie idee in merito al problema/conflitto che ha generato la sessione.
 - (b) Valutazione delle idee, dove tutte le idee vengono analizzate una per una e valutate in modo da arrivare una visione condivisa sugli approcci da usare secondo una certa prioritization.

I **pro** sono che si ha un'esplorazione più ampia dei problemi e delle idee, molta più inventiva nel modo di identificare i problemi. Si possono avere sinergie per mettersi d'accordo sulla risoluzione dei conflitti.

I **contro** sono che la composizione del gruppo è critica, viene vista come un'operazione time consuming. Si fa molto affidamento sull'esperienza del leader e sulle sue skills, inoltre si possono avere delle persone dominanti che introducono bias e inadeguatezza. Inoltre, c'è il rischio di perdere il focus e la struttura, sviando dal discorso oppure si rischia di essere troppo generalisti sulle issue tecniche.

Ogni attività, sia artefact-driven che stakeholder-driven viene svolta solo se si hanno chiari gli obiettivi che si vogliono ottenere con tale attività.

5.3.2 Evaluation & agreement

Nella fase di **Requirements Evaluation** si studia:

- **Inconsistency management**, in ottica di:
 - Tipi di inconsistenza.
 - Manipolazione delle stesse.
 - Gestione dei conflitti in modo sistematico.
- La valutazione di alternative per prendere decisioni.
- La requirements prioritization.

Definizione 8 (Inconsistenza). Definiamo **inconsistenza** come la violazione della regola di coerenza tra gli elementi. Si hanno due tipi:

- **Inter-viewpoint:** quando ogni stakeholder ha il suo focus e il suo punto di vista.

- **Intra-viewpoint:** quando si hanno conflitti tra i requisiti di qualità.

A livello di tempo le inconsistenze vanno identificate e risolte:

- Non troppo presto, per avere prima un'elicitazione più approfondita.
- Non troppo tardi, per permettere lo sviluppo del software.

Dal punto di vista dei tipi di inconsistenza abbiamo:

- **Terminology clash:** stesso concetto denominato diversamente in statement diversi.
- **Designation clash:** stesso nome per concetti diversi in statement diversi.
- **Structure clash:** stesso concetto strutturato in modo diverso in statement diversi.

Distinguiamo inoltre:

- **Conflitto forte:** avendo statement non soddisfacenti contemporaneamente.
- **Conflitto debole o divergenza:** avendo statement non soddisfacenti contemporaneamente in certe condizioni e con certi vincoli.

Per gestire i clash a livello di terminologia si usa il glossario costruito nella fase di elicitation, nel quale è anche possibile utilizzare degli acronimi.

Il processo di gestione delle inconsistenze è difficoltoso a causa:

- Obiettivi personali degli stakeholder in conflitto.
- Ereditati da un interesse non funzionale, come ad esempio prestazioni vs sicurezza.

Come detto la gestione dei conflitti avviene in modo schematico, tramite lo schema riportato in figura 5.4. Analizzando nel dettaglio la figura 5.4 abbiamo:

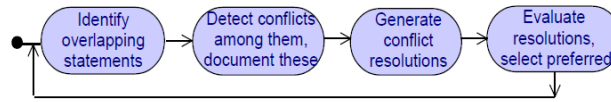


Figura 5.4: Managing conflicts

1. Nella fase di sovrapposizione/overlap indichiamo il riferimento a termini o fenomeni comuni e sono le precondizioni del conflitto.
2. La fase di riconoscimento può essere fatta informalmente, tramite euristiche sulle categorie dei requisiti in conflitto, o formalmente. Il riconoscimento deve essere documentato per una successiva risoluzione e analisi dell'impatto. Si usano strumenti come l'**interaction matrix** che presenta su righe e colonne gli statement e negli incroci indica:

$$M[s_i, s_j] = \begin{cases} 1 & \text{conflitto} \\ 0 & \text{nessun overlap} \\ 1000 & \text{overlap ma senza conflitto} \end{cases} \quad (5.3)$$

Avendo, per ogni statement S_i , indicando con S_i la riga/colonna corrispondente (sono uguali):

$$conflicts(S_i) = \left(\sum_{s \in S_i} s \right) \bmod 1000 \quad (5.4)$$

$$nonConflictingOverlaps(S_i) = \left\lfloor \sum_{s \in S_i} s/1000 \right\rfloor \quad (5.5)$$

3. La terza fase è strutturata nel seguente modo:

- Esplorare prima più risoluzioni, generate tramite tecniche di elicitation e usando tattiche di risoluzione dei conflitti:
 - Evitare condizioni a contorno.
 - Ripristinare statement in conflitto.
 - Indebolire gli statement in conflitto.
 - Non considerare statement a bassa priorità.
 - Approfondire source e target del conflitto.
- Confrontare, selezionare e concordare il preferito poi.

Si trasformano quindi statement in conflitto in nuovi requisiti.

4. Nella quarta fase si usano vari criteri per la scelta:

- Contributo a requisiti non funzionali critici.
- Contributo alla risoluzione di altri conflitti e rischi.
- Applicazione dei principi di risk analysis.

La parte di **Requirements prioritization** consiste nel fornire ai vari requisiti una prioritization, per vari scopi:

- Risoluzione dei conflitti.
- Limitazioni delle risorse.
- Sviluppo incrementale.
- Ri-pianificazione a causa di problemi imprevisti.

e si hanno vari principi per una buona riuscita della stessa, che può essere svolta tramite:

1. **Livelli ordinati** di uguale priorità, in un piccolo numero.
2. **Livelli relativi** come ad esempio *maggiore di*.
3. **Requisiti comparabili**: stessa granularità, stesso livello di astrazione.
4. **Requisiti non mutuamente dipendenti**.
5. Un **accordo** con i vari partecipanti e stakeholder.

Per i primi 3 principi si può utilizzare il metodo **Value-cost prioritization**:

- Stimare il contributo relativo di ogni requisito all'interno del **valore** del progetto.
- Stimare il contributo relativo di ogni requisito all'interno del **costo** del progetto.
- Si rappresenta il diagramma valore-cost (figura 5.5).

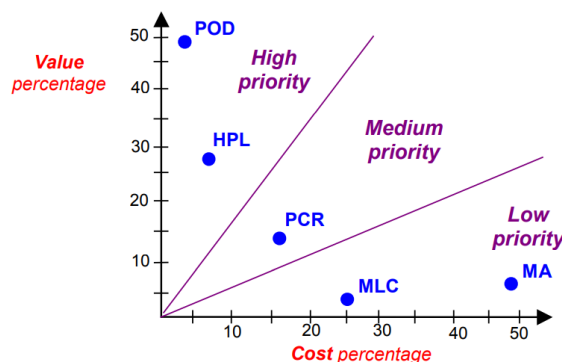


Figura 5.5: Diagramma Cost-value

Si usa quindi la tecnica AHP dalla Decision Theory dove si cerca di capire in che proporzione ogni requisito R_i contribuisce al criterio *crit*, che sarà prima il valore, $crit = value$, e poi il costo, $crit = cost$. Si hanno quindi due step:

1. Si usa la comparison matrix stimando i contributi di ogni requisito sul criterio da studiare. Avendo N requisiti:

$$R_{i,j} = \frac{1}{R_{i,j}}, \text{ se } 1 \leq i, j \leq N \quad (5.6)$$

Dalla comparison matrix si hanno dei valori, più basso è il valore di R_{ij} allora R_i contribuisce equamente insieme a R_j , più è alto il valore allora R_i contribuisce molto di più rispetto a R_j .

2. Si determina quanto questo si distribuisce tra tutti i requisiti, tramite gli autovalori della matrice. Inoltre le colonne vengono normalizzate tramite:

$$R_{i,j} = \frac{R_{i,j}}{\sum_i R_{i,j}} \quad (5.7)$$

e aggiungendo la media sulle righe per valutare il contributo del requisito sul criterio.

AHP permette di assicurare stime e rapporti consistenti.

5.3.3 Specification & documentation

In questa fase si documentano in modo preciso i requisiti scoperti. Si descrivono in modo preciso le feature e i concetti rilevanti per il progetto. Nel dettaglio si definiscono in modo preciso:

- Obiettivi, concetti, proprietà di dominio rilevanti, requisiti di sistema/software, ipotesi, responsabilità
- La motivazione delle opzioni scelte
- Un'indicazione sulle varianti e sulle evoluzioni previste

Il documento deve avere una struttura coerente. Tale documento è detto **Requirements Document** (RD). Qualora i requisiti siano stati messi online si procede alla costruzione di un database che tiene traccia dei requisiti. In ogni caso il contenuto deve essere accessibile e comprensibile da tutte le parti di interessate, aggiungendo spesso in allegato anche costi, workplan e piani di delivery. Bisogna capire come effettivamente documentare i requisiti.

Non-formal notation

La prima opzione è l'utilizzo del linguaggio naturale in modo svincolato. Si ha una forte espressività ma, in assenza di regole sulla scrittura si rischia di produrre una sorta di romanzo, producendo qualcosa di poco gestibile. Il linguaggio naturale inoltre può nascondere ambiguità. Usando il linguaggio naturale privo di vincoli si hanno quindi rischi ma si può usare un linguaggio naturale strutturato, per ottenere tale linguaggio si introducono quindi due tipi di regole:

1. **Local rules:** che riguardano la scrittura del singolo requisito.
2. **Global rules:** che riguardano le regole sulla scrittura dell'intero documento e sull'insieme dei requisiti.

Abbiamo però alcune regole stilistiche generali:

- Scrivere pensando a chi deve leggere, che deve essere ben identificato.
- Spiegare cosa stiamo per scrivere prima di specificarlo nel dettaglio.
- Motivare le scelte.
- Assicurarsi che ogni concetto usato nei requisiti sia stato prima definito.
- Chiedersi se quanto scritto è comprensibile e rilevante.
- Per ogni frase/elemento del documento indicare uno e un solo requisito o assunzione o proprietà di dominio, evitando di mischiare troppe cose.
- Scrivere frasi brevi.
- Distinguere ciò che è obbligatorio da ciò che è desiderabile.
- Evitare acronimi non necessari ed evitare l'abuso del gergo informatico.

- Usare esempi esplicativi.
- Usare diagrammi o illustrazioni quando utile.

In termini di *local rules* si hanno dei template per scrivere i requisiti, usando anche un solo standard per tutti i requisiti. Un esempio di template potrebbe contenere:

- Identificatore del requisito, con uno schema di naming significativo.
- Categoria del requisito, come ad esempio funzionale.
- Specifica del requisito.
- Criterio di fit o test di accettazione, il quale è usato quindi per quantità/concetti misurabili, essendo critico quindi per requisiti non funzionali.
- Fonti di elicitation.
- Motivazioni.
- Interazioni con altri requisiti.
- Livello di priorità.
- Livelli di stabilità, può cambiare?.

Per le *global rules* si ha una forma standard data da IEEE std-830, il più diffuso. Si hanno varie macro-categorie a loro volta suddivise in:

1. *Introduzione*: si specifica anche quale parte del documento interessi ai vari stakeholder:
 - (a) Motivazioni del documento.
 - (b) Scopo del prodotto.
 - (c) Definizioni, acronimi, sigle e abbreviazioni.
 - (d) Reference, fonti di elicitation.
 - (e) Overview dell'organizzazione del documento.
2. *Descrizione generale*
 - (a) Prospettive del prodotto.
 - (b) Funzionalità principali.
 - (c) Caratterizzazione degli utenti.
 - (d) Vincoli generali sull'ambiente (che non possono essere modificati ma con i quali si deve integrare il prodotto).
 - (e) Assunzioni sul prodotto e dipendenze del prodotto.
 - (f) Ripartizione dei requisiti.
3. *Requisiti specifici* usando magari il template visto prima. Si hanno quindi varie categorie di requisiti che articolano le varie sezioni del capitolo:
 - (a) Requisiti funzionali, che a sua volta può avere un'organizzazione interna in base a vari fattori.
 - (b) Requisiti per l'interfaccia esterna.
 - (c) Requisiti per le prestazioni.
 - (d) Vincoli di progettazione.
 - (e) Attributi di qualità del software
 - (f) Altri requisiti
4. Appendice.
5. Indice.

Una variante per il template VOLERE dove si hanno sezioni esplicite per proprietà del dominio, costi, rischi, piano di lavoro di sviluppo etc. . .

Il requirements document può essere dislocato in diversi posti, per esempio: la sezione della descrizione generale può essere messa sul repository, mentre la sezione dei requisiti specifici potrebbe essere su Trello.

Semi-formal notation

Si hanno anche opzioni aggiuntive oltre al linguaggio naturale. Una prima alternativa sono i diagrammi, dove si ha una notazione semi-formale, in quanto si ha una sintassi formale essendo i vari diagrammi formalmente definiti ma l'interpretazione degli stessi può comunque essere ambigua.

Un diagramma può semplificare quanto scritto e rappresentare il tutto in modo compatto. L'uso di diagrammi permette di ottenere un metodo di comunicazione più semplicemente e viene usato per aspetti specifici del sistema.

I diagrammi sono tra loro complementari ma hanno anche delle intersezioni tra di loro e anche con il testo e tutto deve comunque restare coerente. Si rischia di introdurre inconsistenze.

Si hanno alcune regole di consistenza per i diagrammi che vengono usate da diversi strumenti per verificare la consistenza tra i vari diagrammi.

Uno degli standard per la modellazione di diagrammi: **Unified Modeling Language (UML)**. Al suo interno si hanno, con regole di coerenza tra essi:

- Class diagrams
- Use case diagrams
- Sequence diagrams
- State diagrams

In conclusione, i diagrammi hanno il vantaggio di essere in grado di dare una buona panoramica sulla struttura/comportamento, sono facili da trasmettere e comprendere. Sono inoltre supportati da vari tool di analisi.

Il contro è sempre la specifica ambigua semi-formale che può anche limitare l'analisi degli stessi. Inoltre si concentrano solo su aspetti funzionali e strutturali.

Si hanno anche gli state-chart per la descrizione di sistemi paralleli che usano la semantica interleaving ovvero per 2 transizioni che si attivano nello stesso stato, una viene presa dopo l'altra, in modo non deterministico.

Problem diagram (context diagram) Un primo esempio di diagramma utilizzato è il **problem diagram** 5.6, il quale descrive i requisiti a livello di sistema.

In questo diagramma si descrive il problema che si vuole risolvere, mostrando le componenti del sistema e le loro interazioni. Si può specificare testualmente un requisito e riferirlo alle componenti del sistema citate nel requisito, che è posto in un ellisse tratteggiata. Posso avere riferimenti e vincoli sulle componenti a partire dal requisito. Tutte le interazioni sono decorate con gli eventi che sono rilevanti per l'interazione con il produttore dell'evento indicato tramite le maiuscole e il nome dell'evento, a loro volta separati da "!".

Ogni componente del sistema è indicata tramite un rettangolo in cui è presente una doppia linea a sinistra. Il sistema comunica con diversi elementi dell'ambiente, indicati da rettangoli.

Con questo tipo di diagramma si cattura il contesto del requisito, legando componenti dell'ambiente e componenti del sistema, tramite specifici eventi. Si identificano a colpo d'occhio gli elementi rilevanti per un certo requisito. Questa rappresentazione può prendere la forma di veri e propri pattern detti **problem**

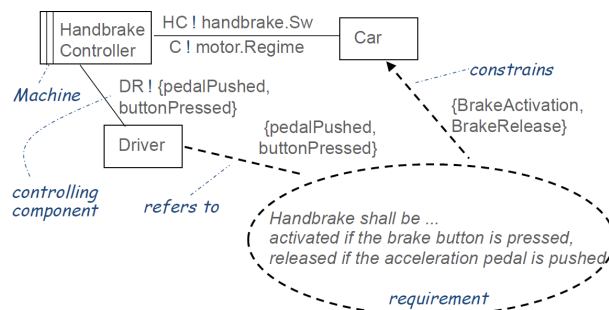


Figura 5.6: Esempio di Problem Diagram

pattern per semplificare la rappresentazione. Si ottengono i **frame diagrams** (fig 5.7), che hanno la stessa rappresentazione dei problem diagram con la differenza che si ha qualche informazione in più, come:

- **Tipo di componente:** indicato con un quadratino in basso a destra nel rettangolo della componente, specificato da una lettera:

- C: causal, causa-effetto
- B: biddable, non predicibile
- X: lexical, lessicale, specifica artefatti

• **Tipo di evento** (posto) dopo il “!” sopra descritto, specificato da una lettera:

- C: causal, diretta conseguenza di altri eventi
- E: event, che non sono diretta conseguenza ma che sono prodotti in modo spontaneo
- X: lexical, dati che vengono utilizzati per produrre qualcosa

Tali pattern vengono istanziati nei vari casi specifici.

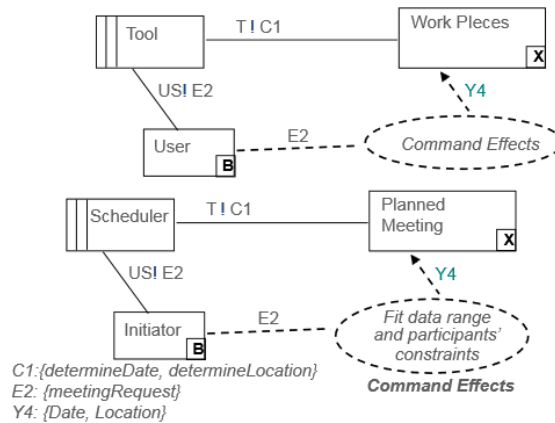


Figura 5.7: Esempio di Frame Diagram

Diagrammi ER Un altro diagramma tipico è quello ER per specificare entità che entrano in gioco in certi aspetti dei requisiti, specificandole in modo schematico. Si usano anche diagrammi di dominio, di classe etc. . . , non descrivendo più comportamenti ma strutture, domini etc. . .

Diagrammi SADT I **SADT diagrams** permettono di specificare il comportamento di alcune attività scomponendolo e aggiungendo varie informazioni. Possiamo avere due tipi di diagrammi:

1. **Actigram** 5.8: sono di tipo *activity-driven* e si concentrano sulle attività e sul mostrare le dipendenze tra le attività in termini di dati. Le attività sono indicate dentro rettangoli e si hanno una serie di frecce che a seconda della direzione variano il significato:
 - → (in entrata all'attività) per l'input di dati.
 - → (in uscita dall'attività) per l'output di dati.
 - ↓ per il data/event controlling, ovvero dati o eventi che controllano il comportamento dell'attività, sono magari aspetti di configurazione etc. . . che influenzano l'attività.
 - ↑ per l'unità che processerà l'attività, questa può essere opzionale.
2. **Datagram** 5.9: sono di tipo *data-driven*, si concentrano sui dati e mostrano le dipendenze tra i dati in termini di attività. I dati sono indicate dentro rettangoli e si hanno una serie di frecce che a seconda della direzione variano il significato:
 - → (in entrata al dato) per l'input di attività che producono il dato.
 - → (in uscita dal dato) per l'output di attività verso le quali serve il dato.
 - ↓ per le attività di validazione del dato.
 - ↑ per le risorse necessarie a memorizzare e gestire il dato.

La coerenza tra di due diagrammi è fondamentale avendo una rapporto di dualità tra essi quindi i dati e le attività presenti in uno devono apparire anche nell'altro.

Questo strumento si prestano a documentare workflow molto semplici. In ogni caso:

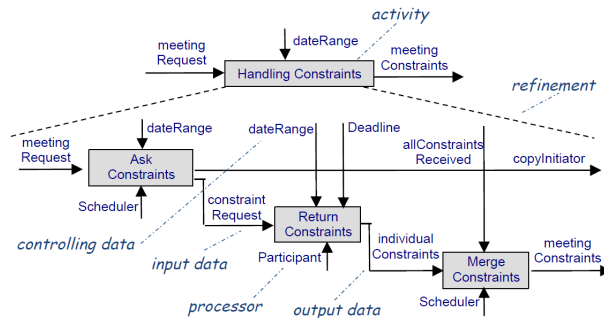


Figura 5.8: Actigram

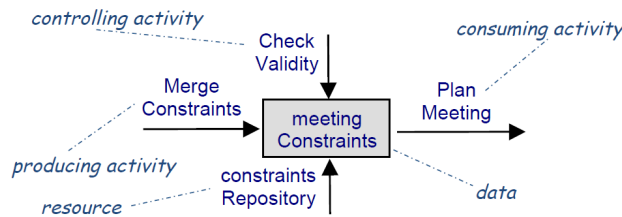


Figura 5.9: Datagram

- Ogni attività deve avere un input e un output.
- Tutti i dati devono avere un produttore e un consumatore.
- I dati I/O di un'attività devono apparire come dati I/O delle sotto-attività.
- Ogni attività in un datagramm deve essere definita in un actigramma.

Dataflow diagram I **Dataflow diagram** 5.10 cattura tutte le operazioni di sistema collegate dalla dipendenza dei dati, corrisponde ad un actigram più semplice ma meno espressivo. Si definiscono:

- **Ovali**: per i componenti.
- **Frecce**: specificano i flussi dei dati.

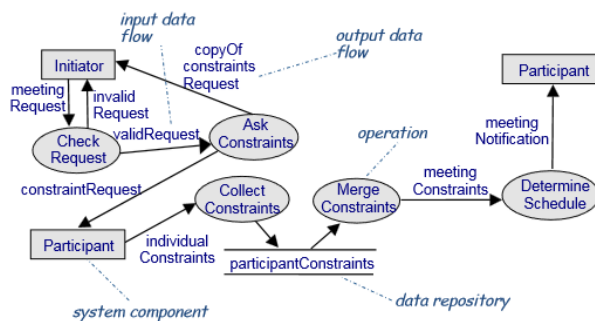


Figura 5.10: Dataflow diagram

Use case Diagram Un altro diagramma classico è lo **use case diagram** per visualizzare i requisiti identificati, che prendono forma di casi d'uso con gli attori che partecipano allo svolgimento dei requisiti.

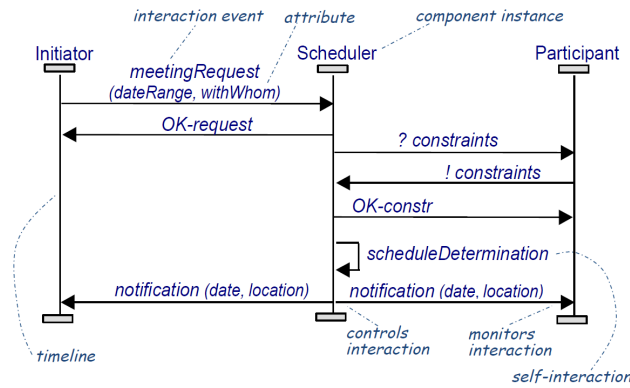


Figura 5.11: Event trace diagrams

Event trace diagrams Un altro strumento utile nella definizione di workflow è l'**event trace diagrams** 5.11, ovvero i diagrammi di sequenza. Se ne hanno vari tipi con sintassi più o meno ricche ma in generale si hanno N elementi che partecipano all'esecuzione che viene mostrata visualmente tramite richieste e risposte, sincrone o meno, che vengono indicate cronologicamente dall'alto al basso. Questa visualizzazione compatta aiuta nel momento in cui il linguaggio naturale diventa troppo complesso e verboso per spiegare una certa sequenza di azioni.

State machine diagram Un altro diagramma usato è lo **state machine diagram** 5.12 per mostrare in quali stati un particolare elemento si trova e quali transizioni/eventi modificano i suoi stati. Questi diagrammi sono utili in quanto in modo compatto rappresentano il ciclo di vita di una certa componente, facilitando la creazione del sistema.

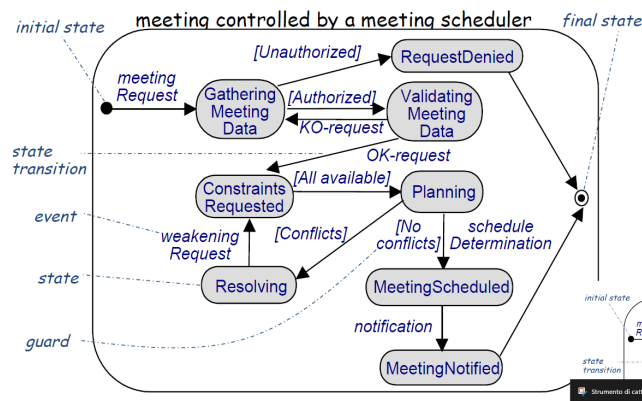


Figura 5.12: State machine diagram

R-net diagram Come altro diagramma abbiamo il **R-net diagram** 5.13 che permette di mostrare come reagisce un sistema in base ad un certo stimolo. È quindi un albero che parte con uno stimolo, dopo il begin, posto in un esagono e si sviluppa in base alle varie alternative in corrispondenza di punti di decisione (indicati come pallini). Nei rettangoli si hanno le azioni che sono svolte in conseguenza allo stimolo.

Formal notation

Si ha quindi la necessità di una semantica formale per rappresentare aspetti mission - critical. Questo non viene garantito dai diagrammi, ma si hanno linguaggi appositi la cui creazione/gestione/documentazione è assai costosa per cui vengono usati solo in casi estremamente specifici.

Si parla sia di sintassi che di semantica. Tali definizioni formali permettono di avere un compilatore che sia in grado di processare tali specifiche. Si ha quindi un livello di precisione alto e non si ha ambiguità, permettendo analisi di consistenza e coerenza delle specifiche.

Una sintassi/semantica formale è quella data dalla logica proposizionale e dalle formule ben formate. Si ha quindi un linguaggio basato sui connettori logici e sulle regole per avere formule ben formate.

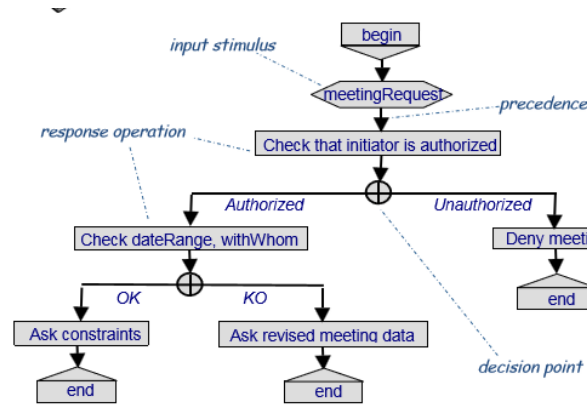


Figura 5.13: R-net diagram

Ogni statement può quindi essere interpretato con il valore di verità con le regole definite dalla logica e dalle tabelle di verità. Si vede quanto produrre tutto questo per un progetto enorme risulti costoso. Vengono quindi usate le classiche regole di inferenza. Si usa anche la logica predicativa del primo ordine.

Un altro strumento usato è la logica temporale con l'aggiunta dei connettivi temporali.

Si ha un approccio formale anche su specifiche state-based dove si specifica in modo formale cosa sia l'insieme degli stati che il sistema può attraversare e come delle operazioni modificano lo stato.

Si usano linguaggi come *Z* basati sulla teoria degli insiemi. Ogni stato è caratterizzato da pre e post condizioni e si studiano le regole in termini di invarianti che lo stato deve soddisfare.

Con *Z* si producono schemi dove si specifica un certo elemento, gli attributi di stato con *P* che indica l'insieme delle parti che precede il tipo. Si ha poi un invariante per gli attributi che definisce l'elemento. Si ha quindi una caratterizzazione basata sulla teoria degli insiemi. Si hanno sia tipi primitivi che strutturati. Per definire invece le modifiche che portano a nuovi stati.

Sopra si hanno tutti gli elementi coinvolti nell'operazione. La prima linea della parte sotto è per le precondizioni, quella sotto per le post-condizioni, entrambe con la notazione insiemistica. Gli elementi sono inoltre così decorati:

- $stateVar?:Type$ indica una variabile di input.
- $stateVar':Type$ indica una variabile di output mutevoli.
- $stateVar!:Type$ indica una variabile di output esterne e non mutevoli
- Δ schema indica che si ha una modifica delle variabili importate dallo schema.
- \exists schema indica che non si ha una modifica delle variabili importate dallo schema.

Il cambiamento di stati ben definito diventa studiabile e simulabile, studiando lo spazio di comportamenti del sistema a questo livello di astrazione, individuando problemi che porterebbero alla correzione di requisiti. Si può avere anche l'inclusione di più schemi. Con questa specifica state-based si hanno vari vantaggi:

- Automazione semplice grazie a logica, matematica discreta, studio degli invarianti etc...
- Ottimi meccanismi di strutturazione per comporre unità e strutture stati complessi.
- Permette l'analisi automatica: type checking, consistency checking, etc...

Di contro non permette di studiare altro se non aspetti funzionali e non ha un'historical referencing.

Si ha anche una specifica algebrica per formalizzare le leggi che compongono le operazioni, viste come funzioni matematiche senza esplicita nozione di stato. Si ha invece un system history avendo una "traccia" delle operazioni.

Si hanno tipi di dato astratti, parametrizzazione, equazioni condizionali e funzioni parziali. Si hanno tre tipi di operazione:

1. Modifiers, per produrre qualsiasi istanza di concetto mediante composizione con altri modifier.
2. Generators, ovvero un sottoinsieme minimo di modifiers per generare qualsiasi istanza di concetto con un numero minimo di composizioni.

3. Obsevers, per ottenere informazioni pertinenti su qualsiasi istanza di concetto.

Spesso si hanno funzioni ricorsive.

Come vantaggi si hanno:

- Analisi automatica efficiente.
- Specifiche eseguibili.
- Ricchi meccanismi di strutturazione (import, ereditarietà ...).

Di contro si ha una limitata potenza espressiva (solo equazioni senza historical referencing) e una forte vicinanza alla programmazione (comportando difficoltà di validazione in caso, ad esempio, di ricorsioni).

Tendenzialmente i limiti della notazione formale sono sempre questi (oltre alla difficoltà di lettura/scrittura), anche se permette alta precisione, pochi difetti di specifica, analisi sofisticata (anche automatica), generazione di artefatti come test cases, codice etc. ...

Ricapitolando:

- Il linguaggio naturale “puro” non è un’opzione.
- Il linguaggio naturale strutturato è quello più usato.
- I diagrammi sono un’ottima aggiunta al linguaggio naturale.
- La notazione formale è usata in rare circostanze.

5.3.4 Validation & verification

Siamo quindi all’ultima delle quattro fasi, dove bisogna validare i requisiti. Si hanno vari approcci per validare la qualità dei requisiti:

- **Analisi e revisione dei singoli requisiti:** è manuale e costoso in termini di tempo ma si può sempre fare.
- **Interrogare il database delle specifiche:** è automatico ma non controlla la qualità di tutti.
- **Usare le specification animation:** servono dei requisiti eseguibili, buono per trovare dei bug.
- **Check formale:** richiede requisiti specificati in modo formale e può rivelare tutti i bug.

Analisi e revisione dei singoli requisiti

Questo è sempre applicabile ma va fatto manualmente impiegando molto tempo. La prima operazione consiste nel ricercare errori nel Requirements Document. Spesso questi sono gli errori più numerosi e pericolosi e possono avere varia natura:

- Omissione
- Contraddizione
- Inadeguatezza
- Ambiguità
- Incommensurabilità
- Rumore
- Eccesso di specificità
- Scarsa struttura
- Opacità

Bisogna quindi individuare quanti più problemi possibili nel Requirements Document, validarli (vedendo se le informazioni utili sono necessarie), verificarli (vedendo se sono completi e consistenti) e confermare non ambiguità, misurabilità, fattibilità, buona struttura, etc. . .

Bisogna quindi fare il report dei problemi, analizzarne la causa e correggerli. Questa operazione viene fatta selezionando personale che ispeziona il Requirements Document individualmente per poi confrontare le opinioni. Tali persone possono essere interne ai project members o recensori esterni. Questo viene spesso fatto anche per il codice sorgente e quindi si è mostrato che è empiricamente utile anche per le revisioni del Requirements Document.

La revisione può essere effettuata in vari modi:

- **Free mode:** senza direttiva su cosa cercare e dove.
- **Checklist-based:** indicando una lista di cose da controllare.
- **Process-based:** dove si hanno ruoli specifici, procedure dettagliate, tecniche di analisi etc. . . , rendendo questa la modalità più efficace.

Il report deve essere fatto in modo informativo e accurato, senza opinioni o commenti offensivi. Ovviamente le revisioni devono essere fatte possibilmente da personale diverso da quello che scrive il Requirements Document e tale personale deve rappresentare tutti gli stakeholder con le varie conoscenze pregresse.

A livelli di tempo il controllo deve essere effettuato né troppo presto né troppo tardi ma con incontri ripetuti per ottenere la massima efficacia.

Ci si deve inoltre concentrare sulle parti più critiche, che devono essere meglio analizzate. Dal punto di vista delle checklist se ne hanno diverse:

- **Defect-driven:** lista dei difetti tipici, strutturate tramite un elenco di domande generiche.
- **Quality-specific:** lista più specializzata di quella defect-driven, specializzandosi su requisiti non funzionali.
- **Domain-specific:** lista specializzata nei concetti e nelle operazioni di dominio per aiutare nella ricerca dei difetti.
- **language-based:** lista specializzata nei costrutti legati ai linguaggi. In questa parte si analizzano anche i diagrammi, si analizzano anche linguaggi di specifica come Z .

Si usano anche delle **checking decision tables** che hanno in input N condizioni booleane ($\{T, F\}$) e una serie di eventi che si hanno in conseguenza allo stato delle condizioni, specificando se accadono o meno. Si ha che se il numero di combinazione dei vari casi specificati dalle condizioni in input è minore 2^N (se ho meno colonne del dovuto nella tabella di verità) allora mancano dei casi da analizzare mentre se è maggiore si hanno dei casi ridondanti.

Questo tipo di analisi è quindi applicabile potenzialmente alla ricerca di ogni difetto (anche se non si ha garanzia di riconoscerli tutti, per quanto critici, anche se con un mix delle tecniche spiegate si raggiungono ottimi risultati). I costi restano elevati sia in termini monetari che di tempo.

Interrogare il database delle specifiche

Questo, a livello superficiale, può essere fatto in modo automatico ma è appunto un check parziale. Questa tecnica è specifica per casi particolari, dove le specifiche sono memorizzate in un database. Le query acquisiscono controlli per la coerenza strutturale intra o inter-diagrammi e tali query possono essere generate a partire dal diagramma ER. Si parla anche di press-button mode quando si ha una lista di query prescritte per la violazione delle regole di coerenza standard.

Usare le specification animation

Sono ottime per i non esperti per identificare i problemi ma sono limitate alle specifiche “eseguibili”, consentendo quindi solo un check parziale. Si vuole verificare l’adeguatezza dei requisiti rispetto alle effettive necessità. Si hanno due approcci tipici:

1. Mostrare una vera interazione con lo scenario. In questo caso gli strumenti di “promulgazione” possono essere utilizzati sul diagramma NET ma ovviamente si ha il problema del range di copertura dei problemi dato dallo scenario.

2. Usare tool per l'animazione delle specifiche. Si procede generando un modello eseguibile e si procede alla simulazione (provvedendo a stimoli e vedendo il risultato) per poi raccogliere il feedback dell'utente. Si può avere:

- Formato testuale, con comandi di input e poi esecuzione.
- Formato a diagrammi, con un input che comporta l'evoluzione di parti del diagramma.
- Scena vera e propria con pannelli per l'input e scene animate nell'ambiente scelto.

In ogni caso si ha un approccio model-based, si parla infatti di model-driven development (sviluppando fin dall'inizio modellando il comportamento del software), e si hanno vari tool per i vari linguaggi di specifica (SCR, LTSA etc...).

Tra i vantaggi si hanno:

- È modo migliore per verificare l'adeguatezza rispetto ai bisogni reali, all'ambiente reale.
- Permette la facile interazione con gli stakeholder secondo la filosofia WYSIWYC (What You See Is What You Check)
- Estendibile per animare controesempi generati da altri strumenti.
- Le animazioni possono essere riusate per altri scenari.

Si hanno anche contro:

- Si richiede un'attenta progettazione degli scenari che possono presentare problemi e non si ha garanzia di non trascurare problemi critici.
- Necessita specifiche formali.

Check formale

Questo permette di individuare un ottimo range di problemi ma richiede la notazione formale, costosa, ed esperti. Si possono avere check sintattici per il linguaggio (di specifica come Z) usato. Si può avere anche un check di completezza e consistenza grazie al linguaggio e la verifica di proprietà:

- Algoritmiche tramite model checking, per controllare se un modello di comportamento soddisfa un requisito, una proprietà di dominio o un presupposto, cercando violazione delle varie proprietà e generando eventuali controesempi o comunque specifiche della violazione (fattori utili nel debugging). Si possono controllare:
 - Raggiungibilità, tramite un grafo di raggiungibilità.
 - Proprietà di safety, producendo controesempi.
 - Proprietà di liveness, che comporta che una condizione potrebbe non essere mai raggiunta in caso di risposta negativa del check.

I vantaggi del model checking sono:

- Check completamente automatici.
- Ricerca esaustiva che porta a non tralasciare alcun difetto.
- L'uso di controesempi può rivelare errori sottili, difficili da individuare altrimenti.
- È facile da abbinare agli animators per visualizzare le tracce.
- È sempre più usato per progetti mission critical.

Ma si hanno anche dei contro:

- Si rischia di avere un'esplosione combinatoria degli stati da analizzare comportando l'impossibilità di essere eseguito per sistemi molto grossi.
- I controesempi possono essere complessi da capire e mostrano solo i sintomi dei problemi, non le cause.

- **Deduttive tramite theorem proving.** Il theorem proving viene usato per generare nuove specifiche tramite le regole di inferenza della logica. Si studiano le conseguenze logiche delle specifiche evidenziando eventuali inconsistenze in un processo generalmente iterativo per:

- Fornire, accettare o rifiutare i lemmi.
- Suggestire strategie di prova.

Si hanno diversi pro:

- Solidità e completezza del sistema formale utilizzato avendo che ogni conclusione è corretta e che ogni conclusione corretta è derivabile.
- Mostra specifiche incoerenti, conseguenze inadeguate.
- Può essere usato per sistemi molto grandi, gestendo una gran mole di dati tramite l'induzione.

ma si hanno ovviamente dei contro:

- È di uso difficile e richiede personale esperto.
- Non produce controesempi.

Si hanno, per i check di consistenza quando servizi o comportamenti sono specificati come relazioni I/O capendo:

- Se la relazione è una funzione (per isolare eventuali non determinismi)
- Se la funzione è totale e quindi in grado di specificare ogni input

5.3.5 Requirements changes

I cambiamenti dei requisiti sono assai frequenti e quindi vanno gestiti. Si hanno infatti varie iterazioni delle 4 fasi sopra descritte, formando la spirale.

Si hanno cambiamenti organizzativi, nuove normative, nuove opportunità, tecnologie alternative, priorità e vincoli in evoluzione oltre ad una migliore comprensione delle caratteristiche, dei punti di forza, dei limiti e dei difetti del sistema. Un altro aspetto riguarda il problema di gestione delle informazioni, in merito al mantenimento della coerenza, propagazione delle modifiche, controllo delle versioni etc...

La gestione dei cambiamenti di requisito consiste quindi nel processo di anticipazione, valutazione, accordo e propagazione dei cambiamenti nelle varie parti del Requirements Document.

Innanzitutto bisogna identificare i cambiamenti probabili, valutare la probabilità e documentarli al fine di:

- Anticipare una risposta adeguata quando si verificherà il cambiamento, studiando eventuali dipendenze tra i requisiti.
- Progettare l'architettura che rimanga stabile nonostante i cambiamenti.

Inoltre, associando livelli di stabilità a gruppi di statement che definiscono le varie feature. Si punta ad avere un numero di livelli comunque ridotto e di cercare di permettere la comparabilità, che sia qualitativa e relativa.

Si usano regole euristiche per studiare i probabili cambiamenti, concentrandosi sui requisiti che è più facile cambiare, limitando così i costi. Il livello più alto di stabilità viene definito per quelle feature presenti in ogni estensione/ variante del sistema. Si ha che aspetti intenzionali e concettuali, così come aspetti funzionali e obiettivi chiave, sono più stabili di aspetti operazionali e non funzionali.

La scelta tra varie alternative rende l'oggetto della scelta poco stabile anche perché tale scelta può essere basata su una conoscenza incompleta, presupposti volatili o generata da risoluzione di conflitti o contromisure a vari rischi.

Quindi tali requisiti sono poco stabili.

Un altro aspetto essenziale nello studio dell'evoluzione del progetto è legato alla gestione della **tracciabilità** (**Traceability Management** (TM)), che non è uno studio semplice nel caso dei requisiti ma torna comodo nel momento dei loro cambiamenti per gestire il cambiamento dell'intero progetto. Si ha che un certo aspetto è tracciabile se e solo se si sa perfettamente:

- Da dove viene
- Perché esiste
- Per cosa sarà usato

- Come sarà usato

Possiamo quindi dire che il Traceability Management si occupa di identificare, documentare, recuperare la logica e l'impatto degli elementi contenuti nel Requirements Document.

Si possono avere anche tracciamenti in merito o obiettivi specifici per determinati requisiti, valutando l'impatto di eventuali modifiche e studiando come propagare facilmente i cambiamenti per mantenere la coerenza ad altri elementi dell'Requirements Document o, "scendendo di livello", ad oggetti software.

Un aspetto centrale nel Traceability Management è rappresentato dai collegamenti di tracciabilità tra gli elementi del Requirements Document. Tali collegamenti vanno scoperti, memorizzati ed eventualmente recuperati. Sono bidirezionali e, ipotizzando uno schema verticale tra le varie fasi, si hanno:

- **Forward traceability:** Accessibilità dal source al target (che nello schema verticale sono le frecce verso il basso 5.14). Il source motiva l'esistenza del target.
- **backward traceability:** Accessibilità dal target al source (che nello schema verticale sono le frecce verso l'alto 5.14)

All'interno di una stessa fase posso avere anche collegamenti (che in questo caso non vengono direzionati a differenza dei due appena espressi e sono orizzontali). Dipendenze tra cambiamenti di fase sono sempre rappresentati da una linea verticale. La *backward traceability* viene usata per stabilire perché un certo elemento sia

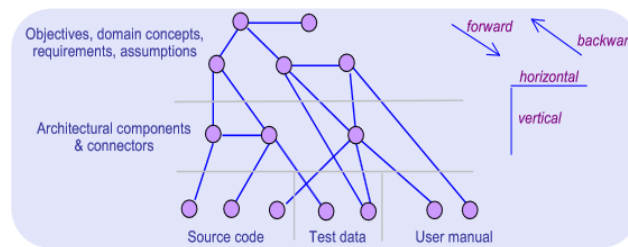


Figura 5.14: Traceability diagram

lì e da dove viene (anche ricorsivamente) mentre la *forward* per stabilire dove un elemento verrà considerato e con quali implicazioni (anche ricorsivamente). Ricorsivamente perché posso andare indietro/avanti di più step. Bisogna localizzare e valutare l'impatto dei cambiamenti lungo i collegamenti orizzontali/verticali.

Elencando le varie tecniche Traceability Management, per tracciare i vari collegamenti, si hanno:

- Cross referencing
- Matrici di tracciabilità
- Feature diagrams (nel dettaglio quelli con supporto a più variant link type)
- Database di tracciabilità
- Database di modelli di tracciabilità
- Tracciabilità Specification-based

È comunque un discorso molto complesso, costoso e studiato.

Con la tecnica di cross referencing si seleziona ogni elemento da tracciare e gli si assegna un nome unico. Si definisce poi lo schema di indice/tag per collegarli lessicalmente e si configura un motore di ricerca su tale schema. Si recuperano quindi gli elementi seguendo le catene di riferimenti incrociati, le cross-reference chains. Un esempio banale in un documento potrebbe essere specificare che sezione dello stesso documento andare a guardare per chiarire un certo concetto.

Come pro si hanno:

- La leggerezza e la disponibilità.
- Il supporto di ogni livello di granularità (assegnando identificatori a ciò che vogliamo)

Come contro:

- Un solo tipo di collegamento, quello lessicale, privo di semantica

- Informazioni di tracciabilità nascoste
- Il costo del mantenimento dello schema di indicizzazione (anche se si ha un basso costo iniziale)
- Controllo e analisi limitate

In merito alla **matrice di tracciabilità** 5.15 abbiamo che essa è la matrice di adiacenza di un grafo a singola relazione di tracciabilità, detto **dependency graph**. In posizione (i, j) troviamo 1 se si ha un arco orientato tra l'item T_i e l'item T_j , 0 altrimenti. Possiamo quindi dire che sulla riga i -sima troviamo gli elementi che dipendono da T_i e sulla colonna i -sima gli elementi che sono dipendenza di T_i .

Come pro si hanno:

- Navigazione backward e forward.
- Semplice analisi dello schema (ad esempio è semplice identificare un ciclo di dipendenza, avendo un ciclo nel grafo).

Come contro:

- Grafi di grandi dimensioni sono soggetti ad errori oltre ad essere difficilmente gestibili.
- Supportano un solo tipo di relazione.
- Dovrei creare più matrici per collegamenti tra oggetti con semantiche diverse.

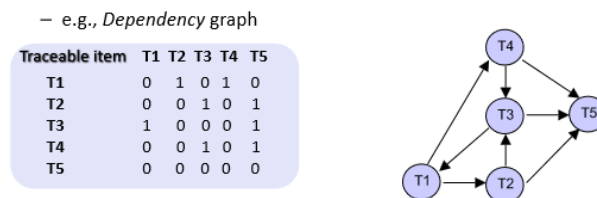


Figura 5.15: Dependency matrix

Quest'ultimo contro può essere risolto coi **feature diagrams** 5.16 che sono rappresentazione grafica dei punti in comune e delle varianti del sistema, permettendo la rappresentazione compatta di un gran numero di varianti. Avere più varianti permette di distribuire il sistema con un ampio numero di feature.

Nel diagramma le feature sono rettangoli e possono essere obbligatorie (con un pallino nero) o opzionali (con un pallino bianco). Si hanno anche potenziali o esclusivi, or non-esclusivi e and per separare in diversi modi feature in sotto-feature. Le varie combinazioni espresse dalle feature del diagramma, seguendo la logica di opzionali o meno e delle varie suddivisioni esprimono le varianti del progetto.

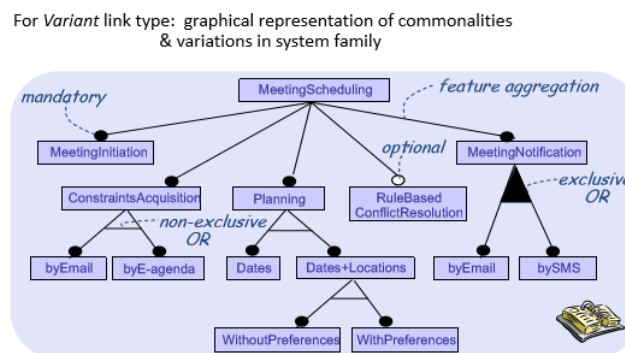


Figura 5.16: Feature diagram

Capitolo 6

Model-View-Controller

Il **Model-View-controller** (MVC) è un pattern architetturale molto diffuso nello sviluppo di sistemi software, in particolare nell'ambito della programmazione orientata agli oggetti e in applicazioni web, in grado di separare la logica di presentazione dei dati dalla logica di business. Partiamo analizzando il pattern architetturale: Dove

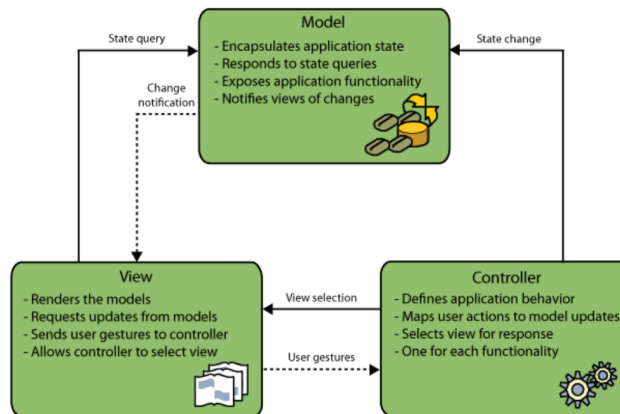


Figura 6.1: Model View Controller

con le frecce piene si hanno le invocazioni di metodi e con quelle tratteggiate gli eventi. Analizzando meglio le tre componenti si ha che:

- **Model:** incapsula lo stato dell'applicazione, fornisce i metodi per accedere ai dati utili dell'applicazione. È implementato dalle classi che realizzano la logica applicativa.
- **View:** renderizza il modello, richiede l'aggiornamento dai modelli, invia le operazioni dell'utente al *controller* e gli permette di selezionare la vista. Visualizza i dati contenuti nel model e si occupa dell'interazione con utenti e agenti. Presenta lo stato del model all'utente.
- **Controller:** definisce il comportamento dell'applicazione, riceve i comandi dell'utente (in genere attraverso la *View*) e li attua modificando lo stato degli altri due componenti. Si ha un controller per funzionalità. È un mediatore tra view e controller.

La *view* raccoglie gli input dell'utente e li inoltra al *controller*, che li mappa in operazioni sul *model*, che viene modificato. A questo punto il controller seleziona la nuova view da mostrare all'utente, che a sua volta interagisce per avere i dati con il model. Cambi del model sono notificati alla view per eventuali cambiamenti dei dati.

Per la costruzione del controller si hanno vari design pattern tra cui:

- **Page Controller:** si ha un controller per pagina che si occupa di:
 - Controllare i parametri delle richieste e richiamare la business logic sulla base della richiesta.
 - Selezionare la view successiva da mostrare.
 - Preparare i dati per la presentazione.

Si ha il seguente flusso di controllo:

1. Il controllo si sposta dal server Web al Page Controller.
2. Estrae i parametri dalla richiesta.
3. Utilizza alcuni oggetti di business.
4. Decide la view successiva.
5. Prepara i dati da mostrare nella view successiva.
6. Porta il controllo (e i dati) alla view.

Dal punto di vista implementativo si possono usare soluzioni con poca logica di controllo o con una forte logica di controllo. Con questo pattern si implementa un controller per ciascuna pagina logica, avendo, per la scalabilità, la crescita finita del controller proporzionale al numero di pagine necessarie, producendo un numero comunque finito e gestibile di file di codice piccoli.

- **Front Controller:** definisce un singolo componente per gestire tutte le richieste. Ogni volta che si riceve una richiesta, il front controller rappresentato dall'**handler** si avvale della collaborazione di una gerarchia di classi, le quali rappresentano i comandi che possono essere richiesti dall'utente attraverso l'interfaccia. Questo approccio risulta scalabile perché al crescere della dimensione dell'applicazione ciò che cresce non è l'handler ma cresce la gerarchia dei comandi. Nel dettaglio l'handler:

- Riceve la richiesta dal server.
- Esegue operazioni generali/comuni a tutti i comandi.
- Decide l'operazione che deve essere eseguita e alloca l'istanza del comando.
- Delega l'esecuzione al comando istanziato.

mentre il comando:

- Estrae i parametri dalla richiesta.
- Invoca metodi implementati nella business logic.
- Determina la vista successiva.
- Dà il controllo al View.

Il front controller è più complesso del page controller. Inoltre evita la duplicazione del codice tra i vari controller, permette una semplice configurazione del server avendo una sola servlet, permette di gestire dinamicamente nuovi comandi, facilita l'estensione del controller e i comandi possono essere implementati sia come metodi, sia come classi. Al crescere dell'applicazione cresce la gerarchia di comandi, mantenendo quasi invariato il front controller.

- **Intercepting Filter:** è utile per gestire richieste e risposte prima che vengano servite. Viene spesso usato insieme al front controller per "decorare" richieste e risposte con funzioni aggiuntive.

Dal punto di vista implementativo il web server fornisce Filter Manager e Filter chain, dovendo quindi implementare e dichiarare solo i filters. I filtri sono composti da:

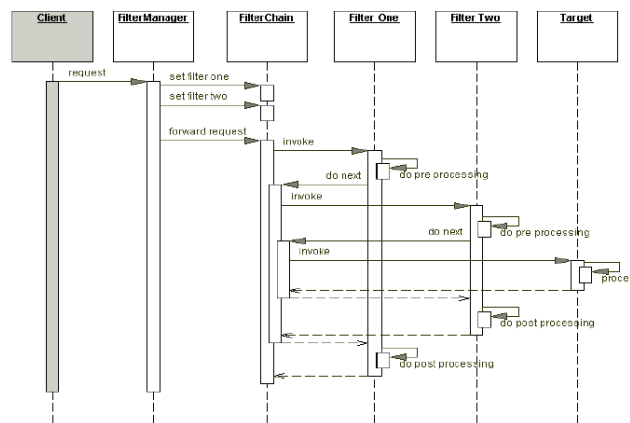


Figura 6.2: Comportamento del Intercepting Filter

- **preprocessing**: operazioni prima delle invocazioni.
- **invocazione**: si invocano le funzionalità della filter chain.
- **postprocessing**: operazioni dopo le invocazioni.
- **Application Controller**: usato in quanto all'aumentare della complessità del flusso, la gestione del flusso potrebbe essere concentrata in una classe. Solitamente viene usato dal page controller o dal front controller.

Possiamo definire anche i design pattern per l'implementazione della *view*:

- **Template View**: che genera codice HTML dalle pagine template che includono chiamate al modello. Dove nel codice HTML si hanno vari marker e l'**helper** genera i dati del dominio e separa la vista dalla logica di implementazione.
L'helper è creato dal controller ed è accessibile da una vista. Si usano anche i metodi helper del controller per recuperare i dati dal Model, permettendo di preparare dei dati ad hoc per la parte di presentazione, tramite getter specifici.
- **Transformation View**: che trasforma le entità di dominio in HTML. Dove per il model tipicamente ogni classe implementa un metodo *.toXML()* mentre per il transformer si ha tipicamente l'implementazione tramite *eXtensible Style Language for Transformations* (XSLT). Si ha quindi che ci si concentra sull'entità che deve essere trasformata, piuttosto che sulla pagina di output. Si ha una produzione interamente dinamica della pagina da parte del transformer. Il transformer legge la conversione XML e le regole XSLT, crea la pagina dinamicamente, inserendo i dati del model definito come XML nel posto specificato dalle regole XSLT.
Purtroppo è difficile includere la logica di implementazione nella view anche se il testing è facile. È facile da applicare a dati in formato XML anche se What You See Is What You Get (WYSIWYG) sarebbe più intuitivo e facile da implementare. Al contrario di template view non vediamo cosa stiamo facendo fino a che non visualizziamo. Template view è usato spesso per costruire solo parti di pagine.
- **Two-Steps View** dove si ha la generazione della pagina HTML in due passaggi:
 1. Si genera una pagina logica.
 2. Si renderizza la pagina.

Spesso collassano in un'unica fase.

Dal punto di vista implementativo si può implementare secondo due metodologie:

- 2 passi XSLT: Una sequenza di due trasformazioni XSLT, la prima per la costruzione della pagina logica e la seconda per il suo render.
- template-view: Una vista template con tag custom, la pagina HTML è quindi la pagina logica e i tag custom il render.

Si ha che il “Look & Feel” è facile da cambiare perché il rendering non è ottenuto tramite interazione con la strutturazione delle informazioni che devono essere visualizzate nella pagina.

6.1 Object Relational Mapping

Come sappiamo non si ha una relazione diretta tra programmazione a oggetti e modello relazionale. Per questo si usa l'**Object Relational Mapping (ORM)** quando si lavora con la programmazione a oggetti e dati persistenti in un database con le classi che vanno *mappate* nelle entità e viceversa. Molti dei concetti si applicano ad altri mapping con modelli anche NoSQL. Si sfrutta quindi un **API gateway** tra il client e le risorse dati che “incapsula” l'accesso a una risorsa esterna con una classe e traduce le richieste di accesso alla risorsa esterna in chiamate all'API. Con questo approccio si nasconde l'accesso alle risorse e la complessità delle API.

Si hanno tipicamente 4 pattern per il database gateway:

- **Table Data Gateway**: che prevede un oggetto per tabella. Prevede classi stateless ed è comodo nel paradigma procedurale ma meno in quello ad oggetti, in quanto i metodi ritornano dati row e non oggetti.

- **Row Data Gateway:** che prevede un oggetto per record. Si possono avere più copie di oggetti persistenti in memoria, avendo una classe gateway che funge da alter-ego del database che viene chiamata dalla classe coi metodi finder.
- **Active Record:** che prevede un oggetto per record.
- **Data Mapper:** che prevede un layer applicativo dedicato all'ORM.

6.1.1 Active record

Considerate le classi che implementano i dati che devono essere persistenti si arricchiscono le classi con metodi per permettere l'interazione col database. Un **active record** include quindi:

- La business logic.
- Il mapping logico al database, avendo metodi statici come *finder* (invocabili avendo accesso alla classe) che comunque restituiscono risultati già nel dominio (oggetti o collezioni di oggetti) e non statici i metodi gateway per lavorare con le istanze.

Tra i metodi abbiamo quindi:

- **Load:** che crea un'istanza a partire dai risultati di una query SQL. Potrebbe essere necessario creare altri oggetti con accesso a più tabelle nel caso di reference.
- **Costruttore:** per creare nuove istanze che saranno poi rese persistenti invocando metodi appositi.
- **Finder** (statici): che incapsulano la query SQL e ritornano una collezione di oggetti.
- **Write:** tra cui si hanno:
 - **Update:** per aggiornare un record a seconda dei valori degli attributi.
 - **Insert:** per aggiungere un record a seconda dei valori degli attributi.
 - **Delete:** per cancellare il record corrispondente all'oggetto in analisi.

serve sincronizzazione tra oggetto in memoria ed entità nel database. Per farlo si ha un attributo identificatore nella classe che compare anche nel record e che serve per trovare il record corrispondente ad un oggetto.

- **Getter e Setter:** che a seconda del caso devono essere subito sincronizzati con il database.
- **Business.**

Non è il metodo migliore dal momento che nella stessa classe ho sia i metodi della logica di business, sia i metodi per il mapping nel database. In aggiunta, forza anche la corrispondenza perfetta tra OOP e ER design. Il lato positivo è la semplicità.

6.1.2 Data mapper

Con il pattern **Data Mapper** invece si ha un layer software indipendente, dedicato alla persistenza e all'ORM, in modo che la logica di dominio non conosca la struttura del database e nemmeno le query SQL. Si usano quindi interfacce per consentire l'accesso ai mapper indipendentemente dalla loro implementazione.

Framework moderni implementano questo tipo di pattern (che offre la parte di mapping senza doverli implementare, ma solo configurare).

6.1.3 Ulteriori pattern ORM

In generale si hanno dei pattern di comportamento per risolvere altri problemi di ORM:

- **Unit of work**
- **Identity map**
- **Lazy load**

e anche pattern strutturali:

- Value holder
- Identify field
- Embedded value
- LOB

Unit of work

In questo caso si approfondiscono le operazioni ACID cercando di capire quando sincronizzare le informazioni in memory con il database. Questo aspetto è importante introducendo il concetto di **business transaction** per operazioni con semantica di tipo all or nothing dove o si accettano tutte le operazioni richieste o nessuna. Le business transaction vanno quindi mappate nelle **system transaction** fatte dal sistema sul database.

Si hanno varie soluzioni:

- 6.3 aggiornare il database ogni volta che si ha una modifica in memoria. Si lega la business transaction con la system transaction. Infattibile perché si avrebbe che la transazione del database sarebbe troppo lunga, comportando che l'aggiornamento impedisce l'accesso agli altri.

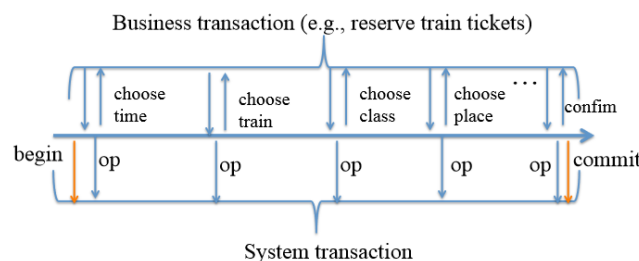


Figura 6.3: System transaction uguale alla Business transaction

- 6.4 aggiornare il database ad ogni modifica in memoria. Per la business transaction si hanno tante system transaction una per ogni modifica. Si rischia inconsistenza perché si hanno diversi aggiornamenti ma in periodi diversi.

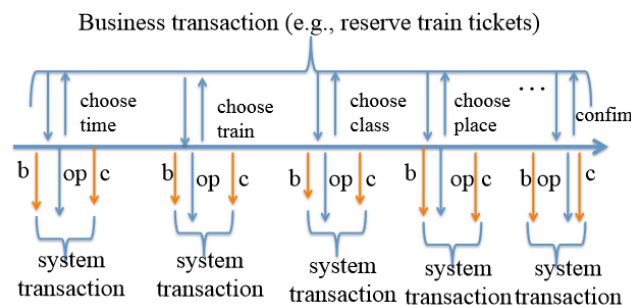


Figura 6.4: System transaction per ogni singola operazione nella Business transaction

- 6.5 aggiornamento finale al termine della business transaction.

La **unit of work** quindi traccia ogni cambiamento (coi metodi register) e lo attua in una singola system transaction finale (con il commit). Per fare questo incapsula ogni update/insert/delete, mantenendo l'integrità del database ed evitando deadlock.

A proposito di *locking* si ha che due business transaction possono essere attive nello stesso momento e bisogna capire come devono lavorare sul database. In questo caso si hanno due strategie:

- **Optimistic locking:** usato quando si hanno poche probabilità di generare conflitti, avendo diversi utenti che lavorano spesso su dati differenti, e si basa su un numero che identifica la versione degli oggetti registrati. Due business transaction possono quindi interferire accedendo e modificando i record ma si sfrutta il numero di versione per tenere traccia delle modifiche e se una transazione vede che il numero di versione di un record è incrementato e in tal caso si ricarica il record tramite un rollback.

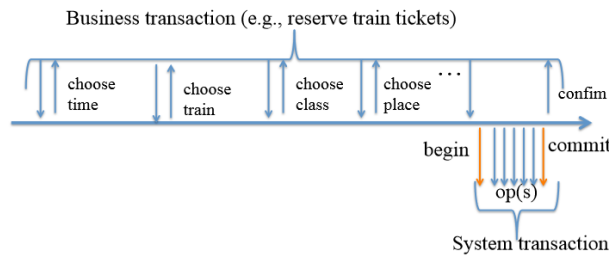


Figura 6.5: System transaction alla fine della Business transaction

- **Pessimistic locking:** usato quando hanno alte probabilità di generare conflitti. Gli oggetti sono bloccati non appena vengono usati riducendo la concorrenza. Non si permette quindi alle transazioni di lavorare concorrentemente riducendo però le prestazioni del sistema ma aumentando la sicurezza.

Poi, per avvisare la unit of work che un'operazione di persistenza è stata schedulata, si hanno due pattern:

- **Caller registration:** dove chi modifica l'entità lo notifica direttamente alla unit of work. Questa soluzione è rischiosa in quanto il programmatore potrebbe dimenticarsi ma permette maggior flessibilità, permettendo di decidere dinamicamente se i cambiamenti devono "riflettersi" sullo storage persistente.
- **Object registration:** dove è l'entità modificata a notificare la unit of work, che però deve obbligatoriamente avere accesso globale. Ogni cambiamento viene comunque notificato. Solitamente si usa questa soluzione ma nella variante in cui le classi persistenti non includono il codice per la notifica, ma tramite una strumentazione trasparente offerta dai framework.

Identity map

In questo caso si studia il load di un'istanza direttamente a partire dal database. Se un certo record viene richiesto due volte si generano due oggetti uguali. In pratica uno stesso oggetto può essere caricato più volte, o da azioni differenti dello stesso utente rischiando di creare inconsistenze, ad esempio se una istanza viene modificata. Questo porta ad avere dati inconsistenti, oltre a questo può essere presente una ridondanza di dati e in determinati casi problemi di sicurezza in quanto utenti diversi possono cercare di forzare queste inconsistenze in modo intenzionale.

Identity map è quindi un oggetto con la responsabilità di identificare gli oggetti caricati in una sessione, funzionando come una sorta di cache, controllando l'eventuale presenza dell'oggetto "in cache" prima di caricarne uno nuovo dal database. Se l'oggetto è già presente si ritorna un riferimento all'oggetto. Identity map quindi mantiene i riferimenti agli oggetti tramite un sistema chiave-valore.

Generalmente la chiave della mappa è quella primaria del database. Si hanno diverse identity map:

- Una per applicazione, se chiavi di entità differenti sono disgiunte.
- Una per classe.
- Una per tabella, generalmente meglio se una per classe.

Lazy load

A volte è necessario avere solo una parte di un oggetto per eseguire una certa operazione anche perché alcuni attributi possono essere particolarmente pesanti. Si parla quindi di efficienza.

Si procede quindi con il pattern lazy load che crea oggetti inizializzando solo alcuni attributi lasciando comunque possibilità di caricare in seguito ulteriori attributi non ancora inizializzati se ce ne fosse necessità, in modo on-demand, tramite i finder.

Value holder

Con questa tecnica si usa un oggetto, ossia il value holder, come uno storage intermediario per un attributo. Anche in questo caso si ha un'inizializzazione "lazy" implementata da questo oggetto che caso per caso potrebbe essere istanziato con diverse strategie di load. Si separa la logica di dominio da quella "lazy" di loading.

Identify field

Normalmente si hanno:

- L'identità in memory rappresentata dalla reference dell'oggetto.
- L'identità nel database rappresentata dalla chiave primaria.

e si ha bisogno di accoppiare/sincronizzare le due identità per la consistenza dei dati.

La soluzione è usare l'identity field ovvero un "nuovo" attributo nell'oggetto il cui valore diventa la "chiave primaria" (solitamente chiamato id, di tipo long). Non si usano i normali attributi/identificatori della classe perché potrebbero modificare nel tempo di sviluppo del programma.

Si hanno infatti due tipi di chiave:

- Una chiave derivata da attributi dell'oggetto (che sono usati anche dall'applicazione). Si ha comunque rischio di duplicazione, avere assenza di valore e avere cambiamenti sulla logica di dominio che impattano su quella di persistenza.
- Chiavi dedicate, sia semplici (un solo attributi) che composte (di più attributi), avendo una chiave per tabella e una per database. Nella pratica spesso hanno tipo long che ben supporta il check di uguaglianza (==) e la generazione di nuove chiavi.

Si hanno varie strategie per la generazione delle chiavi:

- Direttamente dal database (con sequenze o id delle colonne).
- Tramite GUID, ovvero Globally Unique Identifier, tramite opportuni software e libreria.
- Dall'applicazione, principalmente in due modi:
 - **Table scan**: usando una query SQL per determinare il valore della prossima chiave.
 - **Key table**: usando tabelle speciali con il nome delle altre tabelle e il valore successivo della chiave.

I moderni framework ORM supportano i vari design pattern appena discussi e quelli mancanti, relativi a chiavi esterne, cascading, ereditarietà ... In ogni caso i pattern appena discussi sono tutti supportati dai moderni framework ORM.

Embedded value

Con questo pattern si hanno semplici oggetti, senza un chiaro concetto di identità, che possono essere inclusi in oggetti che fungono da alter-ego delle tabelle anziché creare tabelle dedicate.

6.1.4 JPA

Java Persistence API (JPA) è uno standard di implementazione di ORM nel linguaggio Java. Questa implementazione consiste in un grande set di pattern/ meccanismi già implementati mediante:

- Sistema di annotazioni.
- Servizio.

Si hanno 4 macro-elementi:

- **Database**: che salverà degli oggetti, istanze di entity class, classi con un mapping ad un record. Il mapping è garantito attraverso le annotazioni.
- Classi della logica di dominio.
- **Entity manager**: servizio che permette di lavorare sulle entità persistenti
-

Entity manager

Gli oggetti persistenti sono anche chiamati come **Pojo** (*Plain Old Java Objects*) perché oggetti normali Java ma con annotazioni. Sono uguali fino a quando non interagiscono con l'entity manager.

Ogni Pojo in memoria può trovarsi in 2 stati:

- **managed**: entity manager è consapevole nella presenza in memoria.
- **unmanaged**: entity manager non è consapevole nella presenza in memoria.

Essenziale lo stato per implementare il pattern Unit of Work e Identity map. In caso di creazione o cancellazione di entità dobbiamo notificarlo alla Unit of Work mentre nel caso di modifica queste vengono applicate automaticamente. Entity Manager cattura le notifiche e c'è una trasparenza nella notifica.

Un'entità diventa managed quando si crea da una classe con annotazione *entity*, mentre è considerata unmanaged quando viene scambiata tra diverse parti. In questo caso bisogna notificarlo all'Entity Manager.

Il servizio Entity Manager è in grado di gestire solo le classi che dichiariamo (insieme di classi persistenti = persistence unit) e vengono dichiarati nel file persistence.xml e si deve specificare una connessione al database. A runtime la persistence unit si chiama persistence context. (si possono dichiarare più persistence unit e context)

L'annotazione @Entity specifica un oggetto persistente e avremo una tabella per memorizzare gli oggetti con le colonne con gli stessi nomi degli attributi. Si possono utilizzare annotazioni per modificare il mapping come i nomi dei fields e delle tabelle.

Definito il mapping utilizzeremo Entity Manager per accedere ai dati. Creiamo l'Entity Manager e per notificare la creazione si usa la funzione di persist. (UoW) La scrittura non è immediata perché aspetta quando si aprirà la transazione. Dall'Entity Manager posso recuperare l'entità con i metodi finder che chiedono la classe dell'oggetto richiesto e id. Il risultato dei metodi sono sempre oggetti. getReference è caricamento Lazy. Un altro modo di estrazione degli oggetti è attraverso una query simile a SQL, non si usano i nomi delle tabelle o field delle tabelle ma bensì ai nomi delle classi e attributi (sempre secondo object oriented). Per modificare le entità si modificano gli attributi e alla prossima transazione verrà salvata in automatico. La modifica non viene riportata al database se l'entità è unmanaged. Per renderla effettiva allora si usa merge che:

- se l'entità non esiste allora viene inserita.
- se esiste un'altra entità si sovrascrive l'unmanaged sul database.

Utilizzando il metodo refresh posso aggiornare i campi dell'entità con i valori dei campi che sono salvati all'interno del database.

Per aprire e chiudere la transaction ci sono dei metodi dell'Entity Manager.

SequenceGen(nome generatore in Java, nome generatore nel database)

Cerca di usare sempre un'attributo ad hoc per le chiavi.

Possiamo fare il mapping di un'entità su più tabelle con SecondaryTable e l'entità sarà partizionata tra le due tabelle che hanno i record associati con lo stesso id. Utile per accedere a database legacy e codificare più tabelle in un'entità.

Mapping delle associazioni comportano il caricamento anche delle entità associate. Vediamo ora come implementare le associazioni:

- **One-to-One** mono-direzionale: si hanno due modi per mappare una relazione 1 a 1:
 1. Utilizzando una chiave esterna nella tabella padre che punta alla tabella figlia.
 2. Effettuando la join sulle chiavi primarie, in questo modo si ha un'entità suddivisa in due tabelle.
- **One-to-Many** mono-direzionale: nella parte a 1 si memorizza una collection della parte a molti. Questo può essere gestito con una tabella di join, specificando il nome della tabella e le chiavi da utilizzare.
- **Many-to-One** mono-direzionale: si applica lo stesso ragionamento della one-to-many invertendo i ruoli.
- **Relazioni bidirezionali**: sono raramente utilizzate. Si possono creare aggiungendo un campo in entrambe le classi e specificando in una delle due entità il mapping al campo della classe a cui fare riferimento.
- **Many-to-Many**: si crea una tabella di join utilizzando le chiavi primarie delle due entità. Nelle classi è possibile esprimere un campo di tipo collection che rappresenta gli elementi dell'altra classe che partecipa alla relazione.

Nota 1. Utilizzando questo approccio si progettano direttamente le classi e non il database.

Dato che nella programmazione a oggetti posso avere delle gerarchie tra gli oggetti, ma questi non sono supportati dal modello relazionale, si ha la necessità di mappare le gerarchie. Il mapping deve essere fatto in modo esplicito:

- **Single table:** tutto in una tabella e si introduce un attributo discriminatore. Richiede che sia possibile avere null negli attributi. Veloce e semplice ma si vincola ad non avere not null.
- **1 tabella per classe:** dove ogni classe ha una tabella associata con un campo per ogni attributo. Tutti gli attributi di una classe sono quindi in una singola tabella dedicata. Si ha un maggior controllo dei vincoli e un mapping ancora semplice ma è difficile da gestire con l'Entity Manager e il DBMS deve supportare la SQL UNION.
- **1 tabella per sottoclasse:** dove si ha una classe per tabella ma senza una copia degli attributi per le classi figlie, le quali sono caratterizzate solo dall'id e dagli attributi extra rispetto alla classe padre. Si ha quindi un mapping "uno a uno". Questa strategia supporta i vincoli tabellari e non richiede la SQL UNION ma si ha un'istanza "suddivisa" su più tabelle ed è generalmente una soluzione lenta in esecuzione (dovendo eseguire i join).

Si mappa Ereditarietà perché permette di ridurre la duplicazione e di risolvere le query correttamente.

6.2 Gestione delle dipendenze

Vogliamo sviluppare codice in classi che siano il più indipendenti possibili e con più disaccoppiamento possibile, si può considerare ciascuna classe come un singolo componente, le quali possono essere componibili tra di loro per risolvere un problema o implementare un servizio. Mantenendo l'indipendenza tra i componenti del sistema si introduce una semplicità nella fase di manutenzione e evoluzione del sistema.

Le dipendenze tra i componenti possono essere soddisfatte in due modi:

- **Dinamicamente:** a runtime i componenti indipendenti vengono collegati, quindi si ha alto disaccoppiamento.
- **Staticamente:** si inserisce all'interno del componente parte del codice del componente dipendente, in questo caso si ha una mancanza di disaccoppiamento perché la classe sarà meno riutilizzabile, dal momento che, esportandola, esporteremo anche la classe dipendente.

Nella gestione delle dipendenze un aspetto fondamentale è il **decoupling**, ovvero si rendono indipendenti le componenti da pubblicare anche se a runtime tali componenti devono comunque interagire.

Si hanno quindi alcuni design pattern per gestire le dipendenze dinamicamente:

- **Inversion control:** si ha un elemento esterno che definisce il valore della dipendenza, servizio che riempie i riferimenti dall'esterno (dependency injection).
- **Service locator:** si implementa un componente che gestisce le dipendenze per accedere ai componenti, in questo caso i riferimenti non vengono risolti in modo automatico, ma sarà il componente che manualmente farà richiesta al servizio di registry che ritornerà il componente cercato.

6.2.1 Inversion control (Dependency Injection)

Si utilizza un componente esterno, chiamato **assembler** che si occupa di connettere i componenti in automatico a runtime senza una loro effettiva richiesta.

La dipendenza viene risolta, attraverso l'assembler, alla creazione dell'oggetto in modo trasparente. Questa operazione può essere fatta tramite:

- **Costruttore:** si ha un attributo della classe che rappresenta la dipendenza e lo si inizializza attraverso il costruttore.
- **Metodi setter:** si ha un attributo della classe che rappresenta la dipendenza e lo si inizializza attraverso uno specifico metodo setter.
- **Interfacce:** si ha un attributo della classe e un'interfaccia che dichiara il setter, l'assembler utilizza il metodo setter definito nell'interfaccia per risolvere la dipendenza. (utilizzata raramente)
- **Reflection:** non si utilizza un metodo ma bensì le annotazioni. In Java, si utilizza `@Autowired` la quale specifica che deve essere risolta la dipendenza e con `@Component` che specifica cosa utilizzare per riempire gli `Autowired`.

Generalmente l'assembler viene fornito dal framework e può essere configurato utilizzando un file di configurazioni o attraverso delle annotazioni.

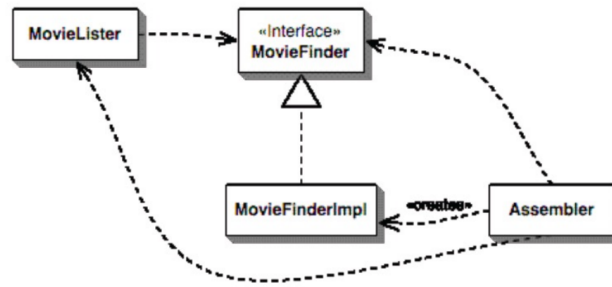


Figura 6.6: Inversion control implementation

6.2.2 Service locator (Dependency lookup)

Si utilizza una classe che implementa servizio di locazione, solitamente si realizza utilizzando una classe singleton la quale contiene una mappa chiave-valore che tiene traccia dei componenti istanziati.

In sostanza, si definiscono i singoli componenti che implementano un'interfaccia factory. Quando noi definiamo i servizi si definisce un attributo del tipo del factory che verrà associato attraverso reflection.

A questo punto la classe che deve soddisfare la dipendenza fa un accesso al service locator chiedendo che venga ritornato un riferimento al componente che deve essere utilizzato.

Quando si chiama il componente si utilizza il factory che fa la chiamata al lookup.

6.3 Transaction

Importante sarà definire le transazioni quando si accede al database, questo può essere fatto attraverso le dichiarazioni specificate con le annotazioni.

Il ciclo di vita delle transazioni è il seguente:

- **inizio:** iniziano con la chiamata di un metodo che ha un'annotazione di apertura della transazione.
- **fine:** finiscono con la chiamata di un metodo che ha un'annotazione di chiusura della transazione.

In questo modo si separa la logica transazionale dalla logica di business perché la prima viene gestita dal framework attraverso le annotazioni. Le annotazioni transazionali si possono applicare alla classe (i metodi e attributi ereditano l'annotazione) oppure a livello di metodo e attributo della classe. Se si specifica l'annotazione a livello di classe, allora le annotazioni a livello di metodo saranno un override di quella della classe.

Esistono vari tipi di annotazioni:

- **Not supported:** il codice eseguito non fa parte della transazione.
- **Supports:** dipende dal chiamante, se c'è una transazione in corso anche il codice del metodo comparirà nella transazione, altrimenti, se non c'è la transazione allora il codice non appartiene alla transazione.
- **Required:** richiede che deve essere presente una transaction, se il chiamante non è in una transazione allora si avvia una nuova transazione, al contrario usa quella del chiamante.
- **RequiresNew:** crea una nuova transaction ad hoc per l'esecuzione.
- **Mandatory:** il codice deve essere eseguito in una transaction del chiamante, se il chiamante non ha attivato una transaction allora viene generata un'eccezione.
- **Never:** non deve mai essere eseguito il codice in una transazione, se il chiamante ha attivato una transazione allora questo ritorna un'eccezione.

Parlando di persistenza e transazioni parliamo anche di isolation e database locking, ovvero quando si creano transazioni non necessariamente sono perfettamente "isolate". L'isolation può essere configurato per permettere un certo livello di interferenza con la creazione temporanea di oggetti da parte di transazioni non ancora concluse ma che possono essere letti da altre transaction. Se si modella erroneamente la semantica transazionale allora si può avere:

- **Dirty reads:** vengono letti i dati modificati da una transaction non ancora terminata, quindi si possono leggere dati che potrebbero non essere scritti sul database.
- **Unrepeatable reads:** transazioni che leggono lo stesso valore nella stessa transazione possono ritornare valori diversi. Questo può essere dovuto dal fatto che una transazione legge la stessa cosa ma tra le due letture c'è una *modifica* del valore.
- **Phantom reads:** transazioni effettuano due letture, la seconda legge nuovi record che vengono *inseriti* da una transazione tra le due.

Questo può essere risolto a livello di DBMS specificando le seguenti tipologie di isolamento:

- **Read uncommitted:** si hanno dirty reads, unrepeatable reads e phantom reads.
- **Read committed:** si hanno unrepeatable reads e phantom reads.
- **Repeatable read:** si ha phantom reads.
- **Serializable:** isolation perfetta.

Si può definire l'isolation a livello di codice con annotazioni. La scelta del livello di isolation comporta:

- **Forte indipendenza:** performance basse perché si perde concorrenza
- **Bassa indipendenza:** performance alte perché si ha concorrenza.