

Università degli Studi di Padova

DIPARTIMENTO DI MATEMATICA "TULLIO LEVI-CIVITA"

CORSO DI LAUREA IN INFORMATICA



Migrazione e analisi comparativa di un
back-end per un servizio di smart parking

Tesi di laurea

Relatore

Prof. Paolo Baldan

Laureando

Andrea Volpe

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

Indice

1	Introduzione	1
1.1	L'azienda	1
1.2	Scelta dell'azienda	1
1.3	Introduzione al progetto	2
1.4	Problematiche riscontrate	3
1.5	Soluzione scelta	3
1.6	Descrizione del prodotto ottenuto	5
1.7	Tecnologie utilizzate	5
1.8	Organizzazione del testo	7
2	Analisi dei requisiti	9
2.1	Scopo del progetto	9
2.2	Confronto con gli stakeholders	9
2.2.1	Servizio REST API	9
2.2.2	Servizio di polling	10
2.3	Entità	11
2.4	Casi d'uso	13
2.5	Tracciamento dei requisiti	21
3	Progettazione	25
3.1	Architettura del progetto	25
3.1.1	Layered architecture	25
3.1.2	Motivazioni della scelta	26
3.2	Struttura software	27
3.2.1	IoC container	28
3.2.2	Controller e provider	28
3.2.3	Repository	31
3.2.4	Moduli	33
3.2.5	DTO	35
3.2.6	Eccezioni	35
3.2.7	Scheduler	37
3.2.8	Logging	37
3.3	Servizio di polling	40
3.4	REST API	41
4	Ristrutturazione database	45
4.1	Problemi rilevati	46
4.2	Ristrutturazione	48

5	Verifica e validazione	51
5.1	Verifica	51
5.1.1	Criteri di verifica	51
5.1.2	Strumenti utilizzati	52
5.1.3	Progettazione	53
5.1.4	Realizzazione	54
5.2	Validazione	54
6	Analisi comparativa	55
6.1	Le due soluzioni	55
6.2	Punti di valutazione	56
6.3	Valutazione	56
6.3.1	Facilità di sviluppo	56
6.3.2	Strumenti di supporto allo sviluppo	57
6.3.3	Facilità di accesso agli strumenti di supporto	58
6.3.4	Prestazioni	58
6.3.5	Qualità del codice	58
6.4	Esito	59
7	Conclusioni	61
7.1	Analisi del prodotto ottenuto	61
7.2	Raggiungimento degli obiettivi	61
7.3	Valutazione personale	62

Elenco delle figure

Elenco delle tabelle

Capitolo 1

Introduzione

1.1 L'azienda

Sync Lab nasce a Napoli nel 2002 come software house ed è rapidamente cresciuta nel mercato dell'Information and Communications Technology (ICT).

A seguito di una maturazione delle competenze tecnologiche, metodologiche ed applicative nel dominio del software, l'azienda è riuscita rapidamente a trasformarsi in [System Integrator](#)^[8] conquistando significative fette di mercato nei settori mobile, videosorveglianza e sicurezza delle infrastrutture informatiche aziendali.

Attualmente, Sync Lab ha più di 150 clienti diretti e finali, con un organico aziendale di 300 dipendenti distribuiti tra le 6 sedi dislocate in tutta Italia. Sync Lab si pone come obiettivo principale quello di supportare il cliente nella realizzazione, messa in opera e governance di soluzione [IT](#)^[8], sia dal punto di vista tecnologico, sia nel governo del cambiamento organizzativo.



1.2 Scelta dell'azienda

Sono venuto a conoscenza dell'azienda Sync Lab grazie al progetto d'ingegneria del software, dove l'azienda è stata il proponente del mio progetto.

Sono venuto a conoscenza del progetto di stage di Sync Lab grazie all'evento stage-it 2022. L'evento promosso da Assindustria Venetocentro in collaborazione con l'Università di Padova per favorire l'incontro tra aziende con progetti innovativi in ambito IT e studenti dei corsi di laurea in Informatica, Ingegneria informatica e Statistica.

1.3 Introduzione al progetto

Lo scopo del progetto di stage consiste nell'effettuare la migrazione di un servizio di API REST, lato back-end, realizzato da un precedente studente tirocinante con il framework Spring, in un servizio di API REST, lato back-end, realizzato con un diverso framework chiamato NestJS. Il proponente ha deciso di fare la migrazione per effettuare un'analisi comparativa tra le due soluzioni, in modo da valutarne le caratteristiche e decidere quale dei due meglio si adatta alle esigenze del progetto.




Il progetto consiste nella realizzazione di una webapp che si occupa di gestire un sistema di controllo parcheggi auto. Il sistema va ad interrogare una base di dati contenente l'informazione inerente allo stato di alcuni sensori di parcheggio, fornendo la visualizzazione dei posti liberi/occupati all'interno di una mappa.

L'idea del progetto nasce per agevolare un utente che vuole usufruire di un posto auto all'interno di un parcheggio e non vuole perdere tempo in cerca di un posto libero e nemmeno uscire di casa se i posti auto sono tutti occupati; infatti la webapp oltre a mostrare su una mappa le piazzole libere o occupate, segnala anche la disponibilità di posti auto in un parcheggio e il tutto viene fatto in tempo reale.

E' prevista poi la realizzazione di una sezione dedicata ai manutentori, in modo che possano monitorare in tempo reale lo stato dei sensori, facilitando quindi il processo di manutenzione.

Il progetto è formato da una parte di front-end, realizzata con il framework Angular e una parte di back-end che consiste di un servizio di REST API, realizzato in due versioni: una con il framework Spring e una con il framework NestJS.

Questo progetto di stage riguarda la parte di back-end, un altro mio collega stagista si sta occupando della parte di front-end.

	Parcheggio libero
	Parcheggio occupato
	Sensore ambientale



1.4 Problematiche riscontrate

Durante lo svolgimento del progetto si sono presentate alcune criticità, alcune dovute alla mancanza di conoscenza delle tecnologie da utilizzare.

Le problematiche riscontrate:

- * Architettura a microservizi: avevo solo una conoscenza basilare della tecnologia, grazie al corso d'ingegneria del software ma non sufficiente per fare un'analisi di migrazione futura del progetto, in un progetto con architettura a microservizi.
- * Framework Spring: la conoscenza di questo framework era completamente assente ed era importante conoscerlo per poter comprendere con chiarezza il software esistente, di cui doveva essere effettuata la migrazione.
- * Framework Node.js e NestJS: la conoscenza di questi due framework era completamente assente ed era di fondamentale importanza conoscerli per poter implementare il servizio di REST API, lato back-end, richiesto.
- * La quantità di REST API da migrare era troppo elevata per il tempo a disposizione.
- * Il database in uso si è rivelato avere dei problemi, quindi è stato necessario ristrutturarlo.

1.5 Soluzione scelta

E' stato scelto di sviluppare il progetto con un architettura di tipo layered architecture. Questo è uno degli stili architetturali più utilizzati quando si sviluppa un software

monolitico. L'idea dietro a questa architettura è che i moduli con funzionalità simili sono organizzati in livelli orizzontali. Quindi ogni livello svolge uno specifico ruolo nell'applicazione.

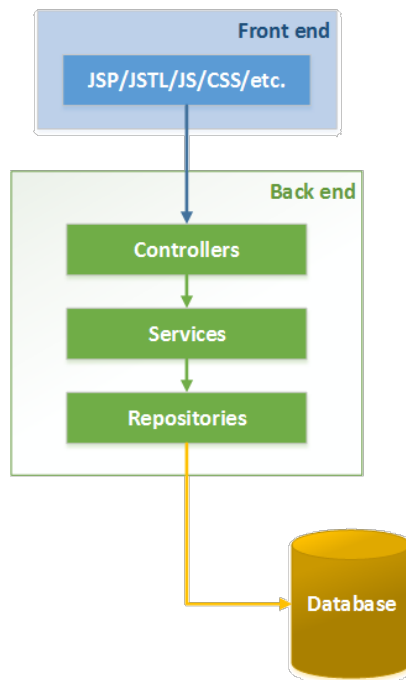
La layered architecture astrae la visione del sistema nel suo insieme, fornendo dettagli sufficienti per comprendere ruoli e le responsabilità dei singoli livelli e le relazioni che intercorrono tra loro.

La motivazione che ha portato alla scelta di questo stile architetturale è un'analisi fatta, che ha rivelato, che la layered si adatta molto bene al servizio di REST API che si vuole andare a realizzare. Inoltre molti framework per lo sviluppo di applicativi back-end si basano su questo tipo di architettura, tra cui Spring e NestJS, che sono fondati sul pattern controller-service-repository. Un pattern che sfrutta la layered architecture, creando tre diversi livelli di astrazione:

- * controller: è il livello più alto ed è l'unico responsabile dell'esposizione delle funzionalità, in modo che possano essere consumate da entità esterne.
- * service: livello centrale, gestisce tutta la business logic.
- * repository: livello più basso, è responsabile di salvare e recuperare i dati da un sistema di persistenza, come un database.

Quest'architettura viene utilizzata per effettuare una buona separazione delle responsabilità.

L'architettura usata da Spring e NestJS è proprio la stessa che si è deciso di usare nell'analisi progettuale fatta e quindi questi due framework sono stati scelti per realizzare la parte di back-end del progetto.



Non è prevista la creazione di un sistema di autenticazione per l'uso delle REST API, in quanto un altro studente tirocinante si sta occupando della creazione di questa parte.

1.6 Descrizione del prodotto ottenuto

Al momento è disponibile un back-end contenente le REST API sviluppate in NestJS, utilizzabile in produzione, anche se non potendo migrare l'intero set di REST API disponibili nella soluzione realizzata in Spring, come preventivato, sono state sviluppate tutte le REST API più importanti per effettuare le operazioni CRUD più comuni.

Le REST API espongono un'interfaccia compatibile con quello che ormai è uno standard per la comunicazione con servizi di tipo REST. Ovvero per comunicare con le REST API bisogna fare delle richieste HTTP a degli specifici endpoint con i seguenti metodi HTTP:

- * GET: per ottenere delle risorse dal servizio REST;
- * POST: per creare una nuova risorsa nel servizio REST;
- * PUT: per modificare una risorsa nel servizio REST;
- * DELETE: per eliminare una risorsa dal servizio REST;

E' presente poi, nel back-end, un servizio schedulato che ogni due minuti in maniera autonoma va a fare il polling da un file XML online, contenente gli stati aggiornati dei sensori. Questo servizio registra poi le variazioni, rispetto al polling precedente, nel servizio di persistenza.

Il file XML viene scritto e gestito dai produttori dei sensori di parcheggio, quindi non è compito di questo progetto gestirne il funzionamento. Il funzionamento di questo file XML è comunque abbastanza banale, in quanto ad ogni variazione di stato il sensore di parcheggio va semplicemente ad aggiornare il record a lui associato all'interno del file.

1.7 Tecnologie utilizzate

Git

E' uno degli strumenti di controllo di versionamento più utilizzati. Facilita la collaborazione tra gli sviluppatori nella realizzazione di un progetto e permette con semplicità di spostarsi tra varie versioni del software realizzate. Nel progetto è stato utilizzato con il workflow Gitflow.

Visual Studio Code

E' un editor di codice sorgente sviluppato da Microsoft che aiuta lo sviluppatore durante la fase di sviluppo del codice in quanto evidenzia le parole chiave, segnala errori di scrittura, suggerisce snippet di codice. Possiede una grande libreria di estensioni facilmente installabili per renderlo compatibile con praticamente qualsiasi linguaggio di programmazione.

Postman

E' un'applicazione che viene utilizzata solitamente per testare API. E' un client HTTP che testa richieste HTTP utilizzando una GUI, attraverso la quale otteniamo diversi tipi di risposta in base alle API che andiamo ad interrogare.

Stoplight

E' una piattaforma per progettare API. Grazie a questo strumento è possibile documentare in maniera rigorosa e su uno spazio in cloud un set di API. La piattaforma permette di specificare varie informazioni per ogni API, tra cui endpoint, parametri in ingresso attesi, possibili risposte con status code associato. Questo strumento è molto utile per gli sviluppatori front-end che devono chiamare le API di un servizio back-end, soprattutto grazie alla funzionalità che permette di generare il mock della risposta di un'API, permettendo allo sviluppatore di effettuare le chiamate al back-end anche senza che questo sia stato ancora realizzato.

TypeScript

E' un superset di JavaScript, che aggiunge tipi, classi, interfacce e moduli opzionali al JavaScript tradizionale. Si tratta sostanzialmente di una estensione di JavaScript. TypeScript è un linguaggio tipizzato, ovvero aggiunge definizioni di tipo statico: i tipi consentono di descrivere la forma di un oggetto, documentandolo meglio e consentendo a TypeScript di verificare che il codice funzioni correttamente.

Node.js

E' un runtime system open source per eseguire applicazioni scritte in JavaScript, permettendoci di utilizzare questo linguaggio, tipicamente utilizzato nella client-side, anche per la scrittura di applicazioni server-side. La piattaforma è basata sul JavaScript Engine V8, che è il runtime di Google utilizzato anche da Chrome e disponibile sulle principali piattaforme, anche se maggiormente performante su sistemi operativi UNIX-like.

NestJS

E' un framework per la creazione di applicazioni lato server Node.js efficienti e scalabili. Utilizza JavaScript ma è costruito con e supporta completamente TypeScript. Aggiunge un livello di astrazione al framework Express, che a sua volta aggiunge astrazione

al framework Node.js. Di conseguenza NestJS utilizza Node.js per eseguire il codice JavaScript generato dalla compilazione del codice TypeScript.

Spring

Spring è un framework leggero, basato su Java. Questo framework integra soluzioni a vari problemi tecnici che si presentano con alta frequenza durante lo sviluppo software. Spring si basa su due design pattern fondamentali che sono l’Inversion of Control e Dependency Injection.

PostgreSQL

Chiamato anche Postgres, è un sistema di database relazionale a oggetti (ORDBMS), open source e gratuito. Le principali caratteristiche di Postgres sono affidabilità, integrità dei dati, funzionalità ed estensibilità, oltre alla propria community open source che gestisce, aggiorna e sviluppa soluzioni performanti e innovative.

Jest

Jest è un framework di unit test sviluppato da Facebook. Focalizzato sulla semplicità, è utilizzabile in qualsiasi progetto JavaScript. E’uno dei framework di test JavaScript più popolari in questi giorni e la scelta di default per alcuni framework come NestJS e React.

Winston

Winston è una delle librerie più famose per effettuare il logging su applicazioni Node.js. Permette di effettuare il logging su più livelli di informazione, formattare il logging in modo predefinito, scegliere la destinazione di output del log e molte altre opzioni.

Npm

E’ uno dei gestori di pacchetti per il linguaggio JavaScript più popolare. E’ il gestore di pacchetti predefinito per Node.js.

1.8 Organizzazione del testo

[Il secondo capitolo](#) descrive l’analisi dei requisiti.

[Il terzo capitolo](#) approfondisce la fase di progettazione.

[Il quarto capitolo](#) descrive la fase di ristrutturazione del database.

[Il quinto capitolo](#) descrive la fase di verifica e validazione.

Il sesto capitolo approfondisce l'analisi comparativa tra la soluzione in Spring e quella in NestJS.

Il settimo capitolo presenta le conclusioni finali sul progetto e sull'esperienza di stage.

Riguardo la stesura del testo, relativamente al documento sono state adottate le seguenti convenzioni tipografiche:

- * gli acronimi, le abbreviazioni e i termini ambigui o di uso non comune menzionati vengono definiti nel glossario, situato alla fine del presente documento;
- * per la prima occorrenza dei termini riportati nel glossario viene utilizzata la seguente nomenclatura: *parola*^[g];

Capitolo 2

Analisi dei requisiti

In questo capitolo viene descritte la fase di analisi dei requisiti effettuata per la realizzazione del progetto.

2.1 Scopo del progetto

Uno sviluppatore prima di me ha realizzato un set di REST API per gestire le funzionalità del progetto Smart Parking e un servizio di polling che va a prendere lo stato dei sensori di parcheggio, aggiornato in un file XML online e salva le variazioni nel servizio di persistenza.

Lo scopo di questo progetto è migrare le REST API e il servizio di polling, dalla soluzione realizzata con il framework Spring, in una soluzione realizzata con il framework NestJS.

2.2 Confronto con gli stakeholders

E' stato fatto un incontro iniziale con il proponente, ovvero l'azienda Sync Lab, per definire con chiarezza i requisiti richiesti.

2.2.1 Servizio REST API

Nell'incontro sono state prese in considerazione le REST API esistenti (realizzate con il framework Spring) di cui doveva essere fatta la migrazione. E' emerso subito che la quantità di REST API da realizzare era troppo elevata per il tempo di stage a disposizione.

E' stato quindi necessario fare una valutazione di quali fossero i servizi fondamentali che il servizio di REST API avrebbe dovuto esporre, per poter essere utilizzato senza che venissero a mancare funzionalità fondamentali per un utilizzo a livello base del sistema.

2.2.2 Servizio di polling

Abbiamo poi valutato il secondo punto importante per questo progetto, ovvero la necessità di avere le informazioni sullo stato dei sensori sempre aggiornate.

La rete dei sensori cresce in maniera dinamica, in quanto un nuovo sensore viene aggiunto/spostato da un parcheggio senza che un utenza manuale informi il sistema. Ma è necessario che quando un sensore si aggiunge alla rete, il sistema lo rilevi e ne mantenga lo stato aggiornato. La stessa cosa deve avvenire per quanto riguarda lo spostamento di un sensore, solo che in questo caso il sistema deve aggiornare le coordinate del sensore esistente, anziché aggiungerne uno nuovo.

Sono stati scelti una tipologia di sensori con GPS integrato, che ad ogni variazione di stato vanno ad aggiornare un record a loro associato in un file XML online, dove ogni record contiene le informazioni e lo stato del sensore.

Non avendo controllo sui sensori e quindi su dove vengano scritti i dati, con la proponente si è deciso di effettuare un polling ogni due minuti al file XML e aggiornare lo stato del back-end.

Lo stato dei sensori è quindi ridondante in quanto è presente sia nel back-end del progetto che sul file XML online. La scelta di duplicare lo stato dei sensori nel back-end è stata fatta per trarne i seguenti benefici:

- * permette di organizzare i dati in maniera più consona e organizzata.
- * l'accesso ai dati diventa molto più veloce in quanto non si deve interrogare un file XML online in una posizione remota e sconosciuta ma viene interrogato il servizio di persistenza del back-end, di cui abbiamo pieno controllo.

La motivazione che ha portato ad eseguire il polling ogni due minuti è la seguente: il tipo di servizio offerto non ha bisogno di essere un real-time system, in quanto non crea problemi all'utente vedere una piazzola che si libera/occupa con un delta di intervallo di ritardo.

L'importante è che questo delta non sia troppo elevato, in tal caso i dati mostrati agli utenti sarebbero troppo inconsistenti per risultare utili. Mentre un delta troppo piccolo genera un carico di lavoro per l'applicazione molto elevato.

Infatti effettuare il polling con un piccolo intervallo di tempo tra un polling e il successivo (dell'ordine dei millisecondi ad esempio), genera la produzione di molte chiamate http da parte del back-end per accedere al contenuto del file XML e molti accessi al database in caso ci siano dati da inserire/aggiornare.

Vediamo un esempio pratico con una tabella che mostra il costo di chiamate e accessi al database giornalieri al variare dell'intervallo di tempo del polling:

Polling	# chiamate http	# accessi lettura	# accessi scrittura
60 minuti	24	$24 * 10^3$	$24 * 10^3$
30 minuti	48	$48 * 10^3$	$48 * 10^3$
15 minuti	96	$96 * 10^3$	$96 * 10^3$
5 minuti	288	$288 * 10^3$	$1440 * 10^2$
2 minuti	720	$720 * 10^3$	$1440 * 10^2$
1 minuto	1440	$1440 * 10^3$	$1440 * 10^2$
1 millisecondo	$864 * 10^5$	$864 * 10^8$	$1440 * 10^2$

Per calcolare il numero medio di accessi al database è stata ipotizzata la presenza di 1000 sensori a sistema e che ogni cinque minuti la metà dei sensori abbiano bisogno di un aggiornamento (quindi 100 sensori devono essere acceduti in scrittura ad ogni minuto).

Quindi si verificano 1000 accessi in lettura ad ogni polling per verificare quali abbiano bisogno di aggiornamento. Gli accessi in scrittura variano in base al tempo trascorso dall'ultimo polling (da ricordare che gli accessi in scrittura sono molto più costosi di quelli in lettura).

Come vediamo dalla tabella e come auspicabile, con il polling ad un intervallo di ogni ora si effettuano solo 24 richieste http al giorno ma il delta di latenza di aggiornamento dei dati ad ogni ora li rende inutilizzabili.

D'altra parte un intervallo di un millisecondo rende i dati aggiornati quasi in tempo reale ma non è sostenibile effettuare un numero di richieste giornaliere dal back-end pari a $864 * 10^5$ (più di 86 milioni).

Un numero di richieste giornaliere pari a 720 è stato ritenuto accettabile, così come il numero di accessi al database indicati per la colonna dei 2 minuti e si è optato quindi per questa scelta; ritenendo il delta di ritardo di aggiornamento un valore accettabile per l'utente finale e che i costi delle chiamate e di accessi al database non siano di sovraccarico per il sistema.

Il servizio per il polling dei sensori deve essere realizzato in modo che sia separato da quello delle REST API.

Sia per una separazione di responsabilità, che per una futura migrazione a un'applicazione basata su microservizi, in cui il servizio di polling deve diventare un microservizio a se stante, gestibile in maniera indipendente rispetto agli altri microservizi.

2.3 Entità

Per rendere più chiaro il dominio del progetto ed eliminare eventuali ambiguità, si è ritenuto necessario documentare le entità di dominio coinvolte nelle funzionalità fondamentali delle REST API.

Piazzola

Modella il rettangolo bianco dipinto sull'asfalto che delimita la zona in cui l'automobile viene messa in sosta. Ogni piazzola deve essere associata ad un parcheggio. Una piazzola può avere un solo sensore di parcheggio.

Ogni piazzola è caratterizzata da:

- * id: numero incrementale.
- * latitudine: stringa.
- * longitudine: stringa.

Parcheggio

Modella l'insieme di piazzole.

Ogni parcheggio è caratterizzato da:

- * id: numero incrementale.
- * latitudine: stringa.
- * longitudine: stringa.

Sensore

Modella il sensore. Esistono due tipi di sensore:

- * ambientale: misurano la qualità dell'aria e altri parametri nel parcheggio e possono coprire un'area di N piazzole. Sono gestiti da un'altro progetto di tirocinio, quindi non sono facenti parte di questo dominio di progetto.
- * di parcheggio: sensore posizionato sotto l'auto nella piazzola. Rileva la presenza o meno del veicolo. Questo tipo di sensore può essere associato a una sola piazzola.

Ogni sensore può avere una sola azienda manuttrice a lui associata. Ogni sensore è caratterizzato da:

- * id: numero incrementale.
- * nome: stringa.
- * batteria: stringa, indica la tensione della batteria in Volt.
- * carica: stringa, indica il livello di carica della batteria (da 1 a 3).
- * type: stringa, indica il tipo di sensore (ambientale o di parcheggio).
- * attivo: booleano.
- * ultimo sondaggio: timestamp, indica l'ultima volta che è stato aggiornato lo stato del sensore.

- * da riparare: booleano, indica se il sensore deve essere riparato.
- * da caricare: booleano, indica se la batteria del sensore è scarica.
- * in aggiornamento: booleano, indica se il sensore sta aggiornando il suo software.

Manutentore

Modella l'azienda incaricata alla manutenzione dei sensori. Ogni manutentore è caratterizzato da:

- * id: numero incrementale.
- * nome: stringa, indica il nome del titolare dell'azienda.
- * cognome: stringa, indica il cognome del titolare dell'azienda.
- * azienda: stringa.
- * telefono: stringa.
- * email: stringa.

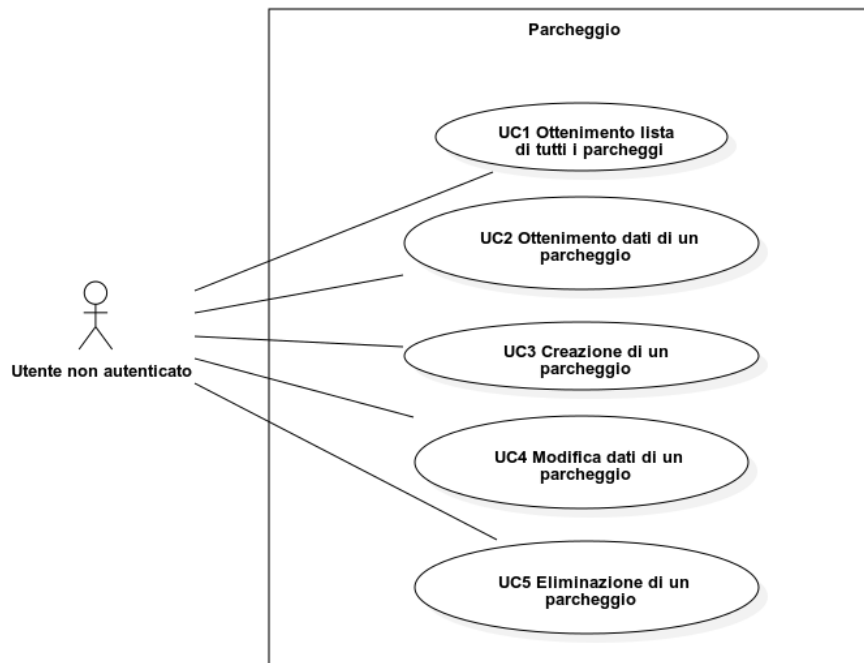
Misurazione sensore parcheggio

Modella la misurazione effettuata dal sensore di parcheggio. A differenza di un sensore ambientale, un sensore di parcheggio non salva uno storico di misurazioni fatte ma viene inserita solo l'ultima misurazione effettuata, sovrascrivendo la precedente. Ogni misurazione di un sensore di parcheggio è caratterizzata da:

- * id: numero incrementale.
- * indirizzo: stringa.
- * latitudine: stringa.
- * longitudine: stringa.
- * valore: booleano, indica se il veicolo è presente o meno sopra al sensore.
- * marca temporale: timestamp, indica la data in cui è stata effettuata la misurazione.

2.4 Casi d'uso

Definite le entità di dominio si è proceduto con la creazione dei casi d'uso. Per maggior chiarezza i casi d'uso sono stati raggruppati per entità di dominio di appartenenza.



UC1 - Ottenimento lista di tutti i parcheggi

Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha ottenuto una lista di tutti i parcheggi.

Scenario principale:

1. l'utente richiede la lista di tutti i parcheggi.
2. l'utente ottiene una lista di tutti i parcheggi.

UC2 - Ottenimento dati di un parcheggio

Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha ottenuto i dati di un parcheggio.

Scenario principale:

1. l'utente richiede i dati di un parcheggio.
2. l'utente ottiene i dati di un parcheggio.

UC3 - Creazione di un parcheggio

Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha creato un parcheggio.

Scenario principale:

1. l'utente richiede la creazione di un parcheggio.
2. l'utente crea un parcheggio.

UC4 - Modifica dati di un parcheggio

Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha modificato un parcheggio.

Scenario principale:

1. l'utente richiede la modifica di un parcheggio.
2. l'utente modifica un parcheggio.

UC5 - Eliminazione di un parcheggio

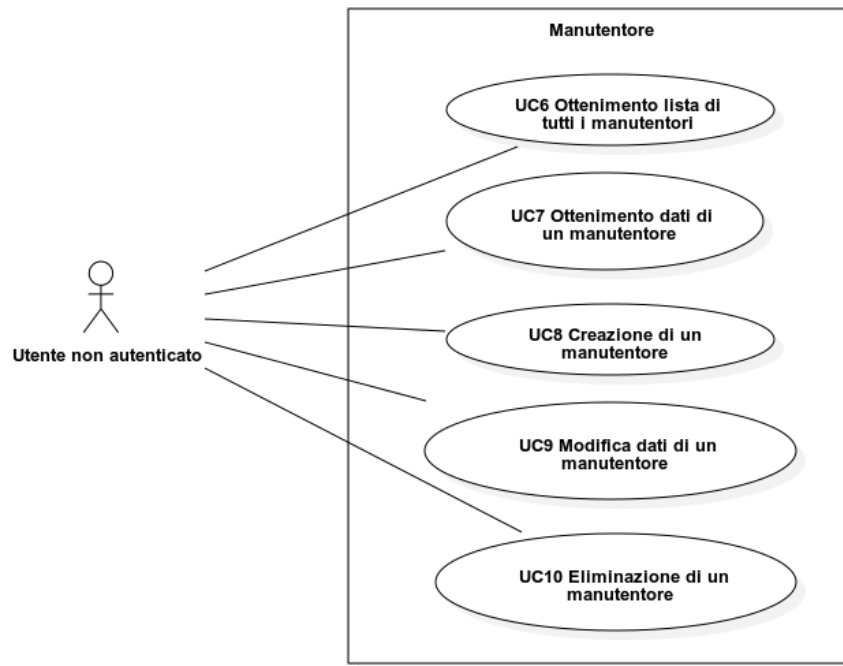
Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha eliminato un parcheggio.

Scenario principale:

1. l'utente richiede l'eliminazione di un parcheggio.
2. l'utente elimina un parcheggio.



UC6 - Ottenimento lista di tutti i manutentori

Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha ottenuto una lista di tutti i manutentori.

Scenario principale:

1. l'utente richiede la lista di tutti i manutentori.
2. l'utente ottiene una lista di tutti i manutentori.

UC7 - Ottenimento dati di un manutentore

Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha ottenuto i dati di un manutentore.

Scenario principale:

1. l'utente richiede i dati di un manutentore.
2. l'utente ottiene i dati di un manutentore.

UC8 - Creazione di un manutentore

Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha creato un manutentore.

Scenario principale:

1. l'utente richiede la creazione di un manutentore.
2. l'utente crea un manutentore.

UC9 - Modifica dati di un manutentore

Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha modificato un manutentore.

Scenario principale:

1. l'utente richiede la modifica di un manutentore.
2. l'utente modifica un manutentore.

UC10 - Eliminazione di un manutentore

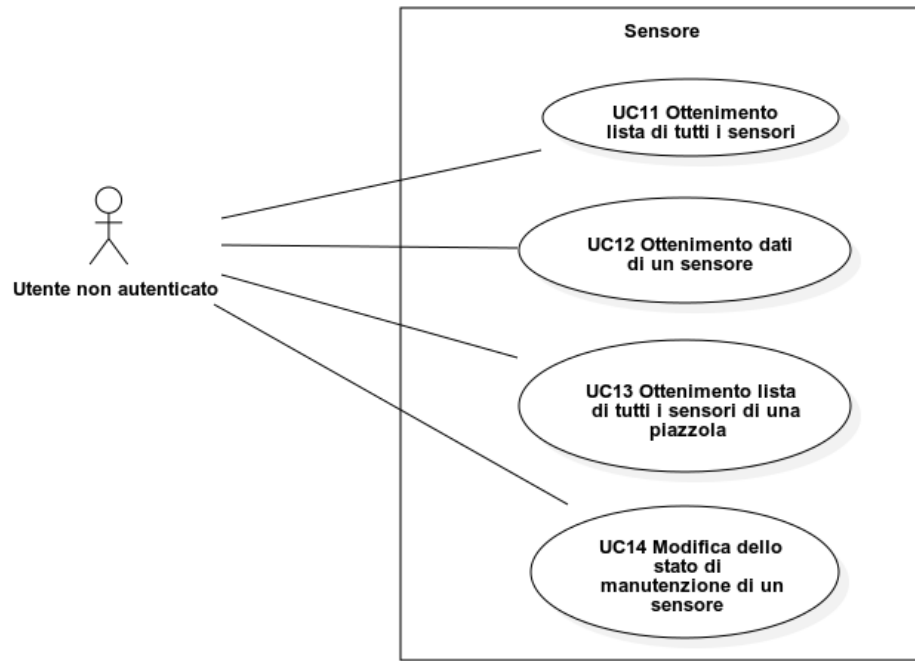
Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha eliminato un manutentore.

Scenario principale:

1. l'utente richiede l'eliminazione di un manutentore.
2. l'utente elimina un manutentore.



UC11 - Ottenimento lista di tutti i sensori

Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha ottenuto una lista di tutti i sensori.

Scenario principale:

1. l'utente richiede la lista di tutti i sensori.
2. l'utente ottiene una lista di tutti i sensori.

UC12 - Ottenimento dati di un sensore

Attori primari utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha ottenuto i dati di un sensore.

Scenario principale:

1. l'utente richiede i dati di un sensore.
2. l'utente ottiene i dati di un sensore.

UC13 - Ottenimento lista di tutti i sensori di una piazzola

Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha ottenuto una lista di tutti i sensori di una piazzola.

Scenario principale:

1. l'utente richiede la lista di tutti i sensori di una piazzola.
2. l'utente ottiene una lista di tutti i sensori di una piazzola.

UC14 - Modifica dello stato di manutenzione di un sensore

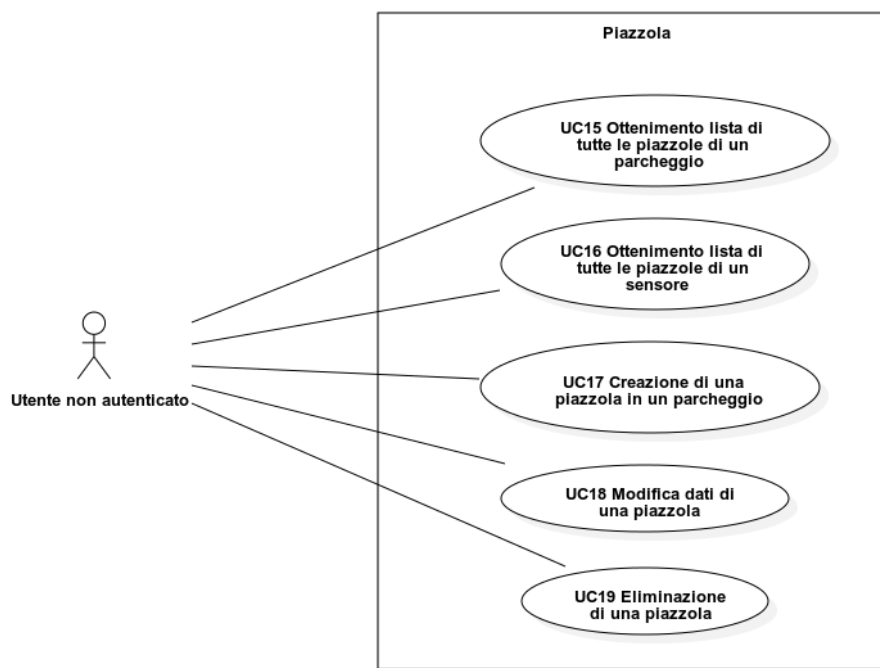
Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha modificato lo stato di manutenzione di un sensore.

Scenario principale:

1. l'utente richiede la modifica dello stato di manutenzione di un sensore.
2. l'utente modifica lo stato di manutenzione di un sensore.



UC15 - Ottenimento lista di tutte le piazzole di un parcheggio

Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha ottenuto una lista di tutte le piazzole di un parcheggio.

Scenario principale:

1. l'utente richiede la lista di tutte le piazzole di un parcheggio.
2. l'utente ottiene una lista di tutte le piazzole di un parcheggio.

UC16 - Ottenimento lista di tutte le piazzole di un sensore

Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha ottenuto una lista di tutte le piazzole di un sensore.

Scenario principale:

1. l'utente richiede la lista di tutte le piazzole di un sensore.
2. l'utente ottiene una lista di tutte le piazzole di un sensore.

UC17 - Creazione di una piazzola in un parcheggio

Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha creato una piazzola in un parcheggio.

Scenario principale:

1. l'utente richiede la creazione di una piazzola in un parcheggio.
2. l'utente crea una piazzola in un parcheggio.

UC18 - Modifica dati di una piazzola

Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha modificato una piazzola.

Scenario principale:

1. l'utente richiede la modifica di una piazzola.
2. l'utente modifica una piazzola.

UC19 - Eliminazione di una piazzola

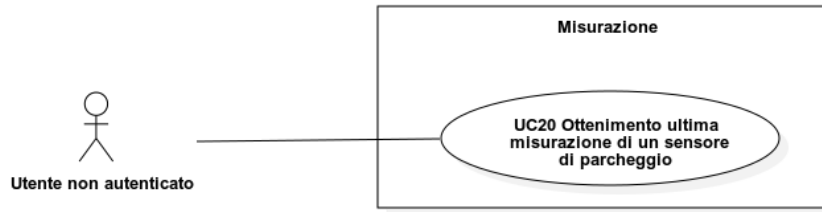
Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha eliminato una piazzola.

Scenario principale:

1. l'utente richiede l'eliminazione di una piazzola.
2. l'utente elimina una piazzola.



UC20 - Ottenimento ultima misurazione di un sensore di parcheggio

Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha ottenuto l'ultima misurazione di un sensore di parcheggio.

Scenario principale:

1. l'utente richiede l'ultima misurazione di un sensore di parcheggio.
2. l'utente ottiene l'ultima misurazione di un sensore di parcheggio.

UC21 - Ottenimento lista di tutte le piazzole di un parcheggio

Attori primari: utente non autenticato.

Precondizioni: l'utente è in possesso degli strumenti per poter effettuare la richiesta al sistema.

Post-condizioni: l'utente ha ottenuto una lista di tutte le piazzole di un parcheggio.

Scenario principale:

1. l'utente richiede la lista di tutte le piazzole di un parcheggio.
2. l'utente ottiene una lista di tutte le piazzole di un parcheggio.

2.5 Tracciamento dei requisiti

Ogni requisito è identificato da un codice univoco nel seguente formato:

- * la prima lettera è sempre R, a indicare la parola requisito
- * la seconda lettera indica il tipo di requisito:
 - F per i requisiti funzionali
 - Q per i requisiti qualitativi
 - V per i requisiti di vincolo

* un numero progressivo che identifica in modo univoco il requisito.

Per maggior chiarezza i requisiti sono stati raggruppati per entità di dominio di appartenenza.

Codice	Descrizione	Rilevanza	Fonti
RF1	L'utente non autenticato deve poter ottenere la lista di tutti i parcheggi.	Obbligatorio	UC1
RF2	L'utente non autenticato deve poter ottenere i dati di un parcheggio.	Obbligatorio	UC2
RF3	L'utente non autenticato deve poter creare un parcheggio.	Obbligatorio	UC3
RF4	L'utente non autenticato deve poter modificare i dati di un parcheggio.	Obbligatorio	UC4
RF5	L'utente non autenticato deve poter eliminare un parcheggio.	Obbligatorio	UC5

Codice	Descrizione	Rilevanza	Fonti
RF6	L'utente non autenticato deve poter ottenere la lista di tutti i manutentori.	Obbligatorio	UC6
RF7	L'utente non autenticato deve poter ottenere i dati di un manutentore.	Obbligatorio	UC7
RF8	L'utente non autenticato deve poter creare un manutentore.	Obbligatorio	UC8
RF9	L'utente non autenticato deve poter modificare i dati di un manutentore.	Obbligatorio	UC9
RF10	L'utente non autenticato deve poter eliminare un manutentore.	Obbligatorio	UC10

Codice	Descrizione	Rilevanza	Fonti
RF11	L'utente non autenticato deve poter ottenere la lista di tutti i sensori.	Obbligatorio	UC11
RF12	L'utente non autenticato deve poter ottenere i dati di un sensori.	Obbligatorio	UC12
RF13	L'utente non autenticato deve poter ottenere la lista di tutti i sensori di una piazzola.	Obbligatorio	UC13
RF14	L'utente non autenticato deve poter modificare lo stato di manutenzione di un sensore.	Obbligatorio	UC14

Codice	Descrizione	Rilevanza	Fonti
RF15	L'utente non autenticato deve poter ottenere la lista di tutte le piazzole di un parcheggio.	Obbligatorio	UC15
RF16	L'utente non autenticato deve poter ottenere la lista di tutte le piazzole di un sensore.	Obbligatorio	UC16
RF17	L'utente non autenticato deve poter creare una piazzola in un parcheggio.	Obbligatorio	UC17
RF18	L'utente non autenticato deve poter modificare i dati di una piazzola.	Obbligatorio	UC18
RF19	L'utente non autenticato deve poter eliminare una piazzola.	Obbligatorio	UC19

Codice	Descrizione	Rilevanza	Fonti
RF20	L'utente non autenticato deve poter ottenere l'ultima misurazione di un sensore di parcheggio.	Obbligatorio	UC20

Codice	Descrizione	Rilevanza	Fonti
RQ1	Deve essere presente una suite di test automatici per testare la business logic con una copertura a livello branch $\geq 90\%$.	Obbligatorio	Capitolato
RQ2	Deve essere presente una suite di test automatici per testare la business logic con una copertura a livello linee di codice $\geq 60\%$.	Obbligatorio	Capitolato
RQ3	Deve essere presente una documentazione che spieghi le scelte progettuali fatte e i motivi che hanno portato ad effettuare tali scelte.	Obbligatorio	Capitolato

Codice	Descrizione	Rilevanza	Fonti
RV1	Utilizzo del framework NestJS per realizzare l'applicazione.	Obbligatorio	Capitolato
RV2	Utilizzo di database PostgreSQL.	Desiderabile	Capitolato
RV3	Le REST API devono poter essere chiamate tramite protocollo HTTP.	Obbligatorio	Capitolato
RV4	La richiesta di ottenimento delle entità, all'applicazione, deve essere fatta tramite metodo GET.	Obbligatorio	Capitolato
RV5	La richiesta di inserimento delle entità, all'applicazione, deve essere fatta tramite metodo POST.	Obbligatorio	Capitolato
RV6	La richiesta di modifica delle entità, all'applicazione, deve essere fatta tramite metodo PUT.	Obbligatorio	Capitolato
RV7	La richiesta di cancellazione delle entità, all'applicazione, deve essere fatta tramite metodo DELETE.	Obbligatorio	Capitolato

Capitolo 3

Progettazione

3.1 Architettura del progetto

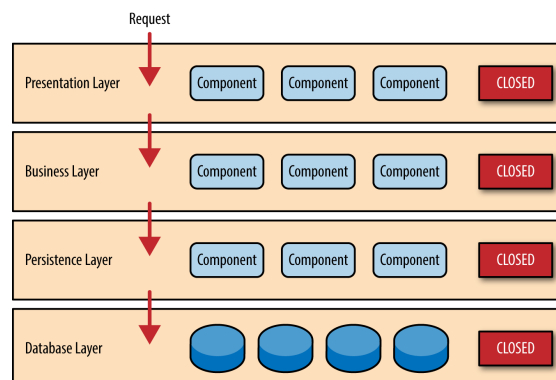
Le dimensioni di questo progetto allo stato attuale sono contenute, inoltre deve essere fatta un'analisi comparativa tra la soluzione finale di questo progetto con un progetto già esistente. Per rendere l'analisi comparativa più efficace, è stato scelto di usare la stessa architettura dell'altro progetto, ovvero la layered architecture.

Questo tipo di architettura velocizza la realizzazione del progetto, a discapito della facilità di manutenzione ma non è un problema essendo il progetto di dimensioni contenute. In caso il progetto dovesse crescere fino al punto in cui risulti difficile mantenerlo è sempre possibile migrarlo a un'architettura a microservizi.

3.1.1 Layered architecture

La layered architecture è uno degli stili architetturali più utilizzati al giorno d'oggi. L'idea che sta dietro a questo tipo di architettura è organizzare i moduli o i componenti con funzionalità simili in livelli orizzontali. Di conseguenza ogni livello svolge un ruolo specifico nell'applicazione.

La layered architecture non ha restrizioni sul numero di strati che l'applicazione può avere, in quanto lo scopo è avere livelli che promuovano il concetto di separazione delle responsabilità.



Solitamente ogni livello comunica solo con il livello sottostante. Il connettore tra ogni livello può essere una chiamata di funzione, una richiesta di query, un oggetto dati o qualsiasi connettore che trasmetta richieste o informazioni.

La denominazione dei livelli è abbastanza flessibile ma di solito sono sempre presenti almeno: un livello di presentazione, un livello di business e un livello fisico.

Livello di presentazione

Il livello di presentazione contiene tutte le classi responsabili di presentare la visualizzazione delle informazioni all'utente finale. Idealmente questo è il solo livello con cui l'utente finale interagisce direttamente.

Livello di business

Il livello di business contiene tutta la logica che è richiesta dall'applicazione per poter soddisfare i suoi requisiti funzionali. Solitamente questo livello si occupa dell'aggregazione dei dati, della computazione e della richiesta dei dati. Quindi qui è dove viene implementata la logica principale dell'applicazione.

Livello fisico

Qui è dove sono salvati tutti i dati recuperabili dell'applicazione. Solitamente questo livello è chiamato anche livello di persistenza. Questo livello si occupa di interagire con il sistema in cui i dati sono mantenuti in maniera persistente, come ad esempio un database.

3.1.2 Motivazioni della scelta

Le motivazioni che hanno portato a scegliere questo stile architetturale sono le seguenti:

- * Dato che la separazione delle responsabilità è la proprietà principale di quest'architettura, ogni livello di software ha la sua specifica funzione. Questo rende facile il dover aggiornare singoli livelli e permette al team di sviluppo di separare bene i carichi di lavoro tra i vari membri, che possono lavorare in maniera contemporanea su livelli diversi.
- * Per la proponente è importante avere una suite di test automatici per testare i vari componenti dell'applicazione. La layered architecture separando bene le responsabilità tra i livelli, permette di suddividere l'applicazione in componenti ben separati e quindi più facili da testare. Essendo ogni livello isolato dagli altri, è possibile creare casi di test di dimensione ridotta, in quanto le componenti di cui fare il mock sono poche.
- * L'isolamento tra i vari livelli permette di modificare un livello senza che la modifica intacchi gli altri livelli.
- * Nel caso l'applicazione diventi molto grande è possibile, senza troppo sforzo, avviare un processo di migrazione ad un'architettura a microservizi. La layered

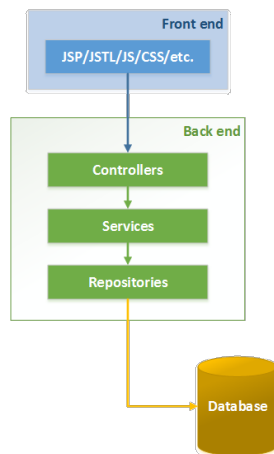
architecture lavora bene (lato monolite) anche in un sistema con un'architettura ibrida monolite/microservizi. Questo tipo di architettura ibrida solitamente si forma nel processo di migrazione di un sistema monolitico in un sistema a microservizi.

Di conseguenza, in ottica di una futura migrazione in un sistema a microservizi (molto probabile che avvenga), è bene scegliere un monolite che lavori bene in un'architettura ibrida e quindi che sia facile da migrare in un sistema a microservizi.

Infatti grazie alla separazione delle responsabilità della layered architecture, è facile andare a trasformare i componenti del monolite in microservizi.

3.2 Struttura software

E' stato scelto NestJS come framework di sviluppo del progetto dato che utilizza la layered architecture, tramite il pattern controller-service-repository. Vediamo questo design pattern:



Il controller-service-repository pattern suddivide i componenti dell'applicazione su tre livelli fondamentali: il controller, il service e il repository.

Il controller è il livello più alto, mentre il repository quello più basso, in mezzo ai due c'è il service.

Il controller è il livello responsabile per gestire le richieste in arrivo e ritornare le risposte all'utente finale. Esiste un meccanismo di routing che gestisce a quale controller inviare le richieste.

Il service è il livello responsabile della business logic.

Il repository è il livello che viene anche chiamato livello di persistenza nella layered architecture e quindi interagisce con il sistema di persistenza dati, come il database.

Analizziamo in dettaglio le componenti che vanno a formare struttura del software:

3.2.1 IoC container

L’Inversion of Control container è un componente fondamentale di NestJS che permette l’applicabilità del pattern Dependency Injection all’interno di NestJS.

L’IoC container contiene un’istanza di tipo singleton per ogni classe dichiarata come controller o provider.

Il funzionamento dell’IoC container è il seguente:

quando viene avviata un’applicazione NestJS, il sistema runtime ricerca tutti controller e provider che sono stati dichiarati all’interno di moduli importati dal modulo root. Per ognuna di queste classi crea un’istanza usando il pattern singleton e la inserisce nell’IoC container.

Se però la classe da istanziare dichiara una dipendenza con un altro controller o provider nel proprio costruttore, il sistema runtime applica in maniera automatica il pattern Dependency Injection; ovvero va a cercare un’istanza della dipendenza dichiarata nel costruttore della classe, nell’IoC container, se presente la inietta nella classe e crea l’istanza della nuova classe da inserire nell’IoC container.

Altrimenti va a creare prima l’istanza della classe che deve essere iniettata, prima della classe che dichiara la dipendenza (se possibile, in quanto la classe da iniettare potrebbe a sua volta richiedere una dipendenza e in tal caso si segue la successione di dipendenze fino a che non si trova una classe che possa essere istanziata) e la inietta nella classe che dichiara la dipendenza, poi crea un’istanza della classe che ha dichiarato la dipendenza e la inserisce nell’IoC container.

3.2.2 Controller e provider

I due componenti fondamentali di NestJS sono i controller e i provider. Per dichiarare una classe come controller, bisogna applicare il decorator `@Controller`, sopra la definizione della classe, mentre per dichiarare una classe come provider bisogna applicare il decorator `@Injectable` sopra la definizione della classe.

```
@Injectable()
export class MaintainersRegistryService {
  constructor(private readonly maintainersRegistryRepository:
    MaintainersRegistryRepository){}

  getAllMaintainers(){
    return this.maintainersRegistryRepository.find();
  }

  async getMaintainerById(id: string){
    const maintainer =
      await this.maintainersRegistryRepository.findOne({
        where: {
          id: id
        }
      });

    if(isEmpty(maintainer))
      throw new NotFoundError('maintainer id not found');
```

```
        return maintainer;
    }

    async createMaintainer(maintainer: MaintainerRegistry){
        const insertResponse =
            await this.maintainersRegistryRepository.insert(
                maintainer);

        if(isEmpty(insertResponse.identifiers))
            throw new InsertError('problem to insert record');

        const maintainerInsertedId = insertResponse.identifiers
            [0].id;

        return this.getMaintainerById(maintainerInsertedId);
    }

    async editMaintainerById(id: string, maintainerRegistry:
        MaintainerRegistry){
        try{
            await this.getMaintainerById(id);
        }catch(error){
            throw(error);
        }

        const updateResponse =
            await this.maintainersRegistryRepository.update(id,
                maintainerRegistry);

        const numberOfRowsAffected = updateResponse.affected;

        if(numberRowsAffected !== 1)
            throw new UpdateError('problem to update record');

        return this.getMaintainerById(id);
    }

    async deleteMaintainerById(id: string){
        try{
            await this.getMaintainerById(id);
        }catch(error){
            throw(error);
        }

        const deleteResponse =
            await this.maintainersRegistryRepository.delete(id);

        const numberOfRowsAffected = deleteResponse.affected;

        if(numberRowsAffected !== 1)
            throw new DeleteError('problem to delete record');
    }
}
```

I controller sono i componenti dedicati a gestire le richieste in ingresso e a fornire le risposte all'utente finale. NestJS considera come provider tutte le classi istanziabili e marcate con il decorator `@Injectable` che non sono controller; quindi sia classi di tipo service, che repository devono essere marcate con il decorator `@Injectable`.

```
@Controller('maintainers')
export class MaintainersRegistryController {
  constructor(private readonly maintainersRegistryService:
    MaintainersRegistryService){}

  @Get()
  getAllMaintainers(){
    return this.maintainersRegistryService
      .getAllMaintainers();
  }

  @Get('/:id')
  getMaintainerById(@Param('id') id: string){
    return this.maintainersRegistryService
      .getMaintainerById(id);
  }

  @Post()
  async createMaintainer(@Body() maintainer: MaintainerRegistry
  ){
    return await this.maintainersRegistryService
      .createMaintainer(maintainer);
  }

  @Put('/:id')
  editMaintainerById(
    @Param('id') id: string,
    @Body() maintainerRegistry: MaintainerRegistry,
  ){
    return this.maintainersRegistryService
      .editMaintainerById(id, maintainerRegistry);
  }

  @Delete('/:id')
  @HttpCode(204)
  deleteMaintainerById(@Param('id') id: string){
    return this.maintainersRegistryService
      .deleteMaintainerById(id);
  }
}
```

E' possibile marcare con il decorator `@Injectable` anche classi non service o repository per fare in modo che NestJS, in maniera automatica, istanzi, inietti le dipendenze dichiarate nel costruttore e le inserisca nell'IoC container.

I controller dell'applicazione individuati sono i seguenti:

- * `MaintainersRegistryController`: gestisce le richieste/risposte relative al dominio dei manutentori.
- * `ParkingAreasController`: gestisce le richieste/risposte relative al dominio dei parcheggi.
- * `ParkingSensorsController`: gestisce le richieste/risposte relative al dominio delle misurazioni dei sensori di parcheggio.
- * `ParkingSensorsSensorsController`: gestisce le richieste/risposte relative al dominio delle misurazioni dei sensori di parcheggio di un sensore.
- * `ParkingSpotsController`: gestisce le richieste/risposte relative al dominio delle piazzole.
- * `ParkingSpotsParkingAreasController`: gestisce le richieste/risposte relative al dominio delle piazzole di un parcheggio.
- * `ParkingSpotsSensorsController`: gestisce le richieste/risposte relative al dominio delle piazzole di un sensore.
- * `SensorsController`: gestisce le richieste/risposte relative al dominio dei sensori.
- * `SensorsParkingSpotsController`: gestisce le richieste/risposte relative al dominio dei sensori di una piazzola.
- * `SensorsMaintenanceSensorsController`: gestisce le richieste/risposte relative al dominio della manutenzione dei sensori di un sensore.

3.2.3 Repository

I repository sono i componenti dedicati alla gestione della persistenza dei dati. Hanno quindi il compito di comunicare con la componente di archiviazione dati come un database. Nel progetto è stato utilizzato un database relazionale di tipo `postgresql`.

`NestJS` è indipendente dal tipo di database scelto (relazionale o non relazionale). Infatti `NestJS` si interfaccia al database tramite uno strumento che si chiama `TypeORM`. `TypeORM` implementa una tecnica di programmazione chiamata ORM, che converte i dati tra diversi tipi di sistemi usando linguaggi di programmazione OOP.

Uno strumento ORM incapsula il codice necessario per manipolare i dati, senza aver bisogno di scrivere manualmente le query al database ma si interagisce direttamente con un oggetto nello stesso linguaggio che si sta usando.

In questo modo il database viene astratto e si diventa indipendenti dal tipo di database utilizzato, in quanto è compito dell'ORM tradurre la richiesta fatta, in linguaggio di programmazione ad alto livello, nella query al database.

Uno strumento come `TypeORM` offre quindi una grande flessibilità, in quanto è possibile decidere di passare da un database relazionale a un database non relazionale in qualsiasi momento, senza dover effettuare modifiche al livello di persistenza.

Senza un'ORM la migrazione da un database relazionale a un database non relazionale implica la riscrittura di tutte le query.

Il repository viene fornito e creato in maniera automatica da NestJS. Per fare in modo che ciò avvenga è però necessario dichiarare, all'interno del modulo in cui si vuole che NestJS crei il repository e in particolare nell'array di imports, con il metodo `forFeature` della classe `TypeOrmModule`, la lista di entità di cui si vuole creare un repository.

Il repository creato da NestJS include tutti i metodi necessari per le operazioni basilari CRUD (`find()`, `save()`, `update()`, `delete()` ecc..).

Spesso però abbiamo bisogno di effettuare query al database più complesse rispetto a quelle a disposizione nel repository creato da NestJS. Per fare ciò dobbiamo creare una nostra classe repository custom che estenda la classe `Repository`, che è una classe `Generic` definita all'interno di NestJS e si aspetta come tipo del `Generic` il tipo dell'entità di cui vogliamo creare il repository.

Se creiamo un repository custom non è più necessario usare il metodo `forFeature` nella classe modulo, ma va importato il repository custom come provider.

```
@Injectable()
export class SensorsRepository extends Repository<Sensor>{
  constructor(private dataSource: DataSource){
    super(Sensor, dataSource.createEntityManager());
  }

  getSensorsWithoutSensorMaintenance(){
    return this.dataSource
      .createQueryBuilder()
      .select('sensor')
      .from(Sensor, 'sensor')
      .leftJoin('sensor.sensorMaintenance', 'sensorMaintenance')
      .where('sensorMaintenance.id IS NULL')
      .getMany();
  }
}
```

Nel repository custom, oltre che ai metodi ereditati dalla classe padre `Repository`, possiamo creare i nostri metodi personalizzati che eseguono le nostre query custom.

Ci sono 2 modi per creare le query:

- * tramite notazione pura SQL;
- * tramite i metodi del Query Builder;

E' fortemente consigliato l'utilizzo del Query Builder anziché usare la notazione SQL pura per 2 motivi:

1. La concatenazione dei metodi del Query Builder rende molto più chiaro e pulito il codice, quindi più facile da mantenere.
2. Nel caso di cambio di tipo di database (ad esempio passando da PostgreSQL a Oracle) le query continuano a funzionare, in quanto grazie al Query Builder, TypeORM le converte adattandole alla sintassi del database che si sta utilizzando. Mentre non viene effettuata alcun tipo di conversione per le query in notazione pura SQL.

I repository custom dell'applicazione individuati sono i seguenti:

- * `ParkingSensorsRepository`: ha un metodo custom per aggiornare i timestamp delle misurazioni dei sensori di parcheggio passate come parametro.
- * `SensorsRepository`: ha un metodo custom per ottenere i sensori che non hanno almeno una manutenzione.

3.2.4 Moduli

Un modulo è una componente fondamentale di NestJS. Ogni applicazione ha almeno un modulo, chiamato modulo root. Avere solo un modulo non è un caso tipico per un'applicazione, solitamente ce ne sono molti. I moduli sono utilizzati per organizzare i componenti di un'applicazione.

All'interno di uno stesso modulo devono essere presenti componenti appartenenti allo stesso dominio. Ad esempio il controller, il service e il repository dei sensori di parcheggio sono tre buoni candidati per essere racchiusi all'interno dello stesso modulo.

Grazie ai moduli si riesce a mantenere il codice ben organizzato, separando le componenti per dominio di appartenenza e stabilendo dei confini chiari tra i vari componenti. In questo modo NestJS ci aiuta a gestire la complessità e a sviluppare con principi SOLID, specialmente quando le dimensioni dell'applicazione crescono e/o quando il team cresce.

In un modulo possiamo inserire solo componenti controller o provider. Per inserire un componente in un modulo, dobbiamo specificare il nome del componente all'interno del decorator `@Module` della classe modulo (i controller devono essere dichiarati nell'array `controllers` di all'interno di `@Module`, mentre i provider devono essere dichiarati nell'array `providers` all'interno di `@Module`).

Se un controller o un provider non è dichiarato in un modulo che viene incluso dal modulo root, NestJS non istanzierà la classe del componente e non verrà inserito nell'IOC container.

Un concetto fondamentale dei moduli è che le componenti (controller, service, repository, classi varie..) dichiarate come appartenenti ad un modulo hanno uno scope locale al modulo, quindi sono visibili solo tra di loro e non vedono i componenti appartenenti ad altri moduli.

E' un caso comune però che un componente di un modulo abbia bisogno di un componente appartenente ad un altro modulo e quindi lo dichiara come dipendenza. Facendo una cosa del genere NestJS genera un errore in fase di compilazione, poiché come spiegato sopra, un componente di un modulo A, non può vedere un componente di un

modulo B.

Per risolvere questo problema NestJS permette di definire nel decorator `@Module` della classe modulo, i componenti che quel modulo vuole esportare e quindi che abbiano visibilità pubblica (i componenti da esportare devono essere dichiarati nell'array `exports` all'interno di `@Module`).

In questo caso se un componente di un modulo B dichiara una dipendenza da un componente esportato da un modulo A, nel decorator `@Module`, della classe modulo B, deve essere dichiarato il modulo del componente che si vuole importare (i moduli da importare devono essere dichiarati nell'array `imports` all'interno di `@Module`).

```
@Module({
  imports: [
    SensorsModule,
  ],
  controllers: [
    ParkingSpotsController,
    ParkingSpotsParkingAreasController,
    ParkingSpotsSensorsController,
  ],
  providers: [
    ParkingSpotsService,
    ParkingSpotsRepository,
  ],
  exports: [
    ParkingSpotsService,
  ],
})
export class ParkingSpotsModule {}
```

I moduli dell'applicazione individuati sono i seguenti:

- * `AutomapperCustomModule`: contiene i componenti per effettuare il mappaggio da DTO a entità.
- * `DtoValidatorModule`: contiene i componenti per validare i campi di un DTO.
- * `MaintainersRegistryModule`: contiene i componenti appartenenti al dominio dei manutentori.
- * `ParkingAreasModule`: contiene i componenti appartenenti al dominio dei parcheggi.
- * `ParkingSensorsModule`: contiene i componenti appartenenti al dominio delle misurazioni dei sensori di parcheggio.
- * `ParkingSpotsModule`: contiene i componenti appartenenti al dominio delle piazzole.
- * `SensorsModule`: contiene i componenti appartenenti al dominio dei sensori.
- * `SensorsMaintenanceModule`: contiene i componenti appartenenti al dominio della manutenzione dei sensori.

- * SensorsScrapingModule: contiene i componenti appartenenti al dominio del polling dei sensori.

3.2.5 DTO

E' stata usata una classe di tipo DTO chiama SensorsScrapingDto. Questa classe viene utilizzata per rappresentare il contenuto del file XML online contenente lo stato dei sensori. Da questo oggetto vengono estratte le informazioni utili per rappresentare le entità di tipo sensore e misurazioni sensore con cui si va ad aggiornare il database.

Prima di effettuare la conversione da DTO a entità, i campi del DTO vengono validati, lanciando un'eccezione nel caso la validazione fallisca.

```
export class SensorScrapingDto{

    id: string;

    name: string;

    address: string;

    lat: string;

    lng: string;

    state: boolean;

    battery: string;

    active: boolean;

    constructor(){
        this.id = '0';
        this.name = '';
        this.address = '';
        this.lat = '0';
        this.lng = '0';
        this.state = false;
        this.battery = '';
        this.active = false;
    }
}
```

3.2.6 Eccezioni

NestJS ha un livello built-in che è responsabile di processare tutte le eccezioni non catturate durante l'esecuzione di un'applicazione.

Quando un'eccezione non viene catturata dal codice dell'applicazione, viene catturata da questo livello, che in maniera automatica invia una risposta user-friendly http al client, evitando di far interrompere l'esecuzione del programma. Questa componente si

chiama `exception filter`.

La risposta inviata al client dall'`exception filter` è user-friendly e contiene un messaggio appropriato, solo se l'eccezione è di tipo `HttpException` o una sua sottoclasse. Altrimenti viene inviata una risposta al client con un messaggio "internal server error" e status code 500.

Possono capitare eccezioni anche durante l'esecuzione di query tramite TypeORM. Essendo TypeORM una libreria esterna, nessuna eccezione da lei lanciata viene catturata dal livello descritto sopra di NestJS.

Per evitare di interrompere l'esecuzione del programma al lancio di eccezioni non catturabili dall'`exception filter` di NestJS, si è deciso di sovrascrivere l'`exception filter` globale fornito da NestJS con uno custom e di creare un set di eccezioni custom che vengono lanciate per problemi collegati al servizio di persistenza.

Questo `exception filter` è stato chiamato `TypeOrmExceptionHandler` e implementa l'interfaccia `ExceptionHandler` di NestJS.

`TypeOrmExceptionHandler` simula il comportamento dell'`exception filter` di NestJS catturando qualsiasi tipo di eccezione, rispondendo con "internal server error" e status code 500 in caso l'eccezione non sia riconosciuta. Inoltre funziona anche se si verificano eccezioni da librerie esterne; garantendo un buon livello di resilienza del programma.

Se l'eccezione lanciata è quella custom, definita per i problemi del servizio di persistenza, lo status code e il messaggio vengono inviati in maniera appropriata all'utente finale.

Eccezioni di TypeORM di tipo `QueryFailedError`, vengono analizzate in base al loro codice di errore; lo status code e il messaggio anche in questo caso vengono inviati in maniera appropriata all'utente finale. Un esempio di eccezione di tipo `QueryFailedError` con codice errore 23505, indica un conflitto nel database, quindi viene inviata una risposta al client con status code 409 e messaggio "database error on unique constraint".

Avere un `exception filter` permette di spostare la responsabilità della gestione delle eccezioni in un livello apposito. In questo modo si facilita la manutenzione e si assicura coerenza nella gestione delle eccezioni.

Senza un `exception filter` dovrebbero essere i controller a gestire le eccezioni e modificare la loro risposta in base al tipo di eccezione ricevuta dal service (che ha usufruito del metodo del repository che ha lanciato l'eccezione).

In questo modo però si creano controller di grandi dimensioni rendendo il codice meno pulito e più difficile da mantenere. Inoltre questo approccio non garantisce che tutti i controller gestiscano la stessa eccezione allo stesso modo.

Ad esempio sviluppatori diversi potrebbero gestire in maniera diversa la stessa eccezione (ad esempio rispondendo all'utente finale con un messaggio di errore diverso, più messaggi di errore, inserendo un numero e tipo di parametri di risposta diversi ecc..) generando confusione per l'utente finale.

Le eccezioni custom per TypeORM individuate sono le seguenti:

- * `NotFoundError`: gestisce errori dovuti alla richiesta di dati inesistenti.
- * `InsertError`: gestisce errori dovuti all’inserimento di dati.
- * `UpdateError`: gestisce errori dovuti all’aggiornamento di dati.
- * `DeleteError`: gestisce errori dovuti alla cancellazione di dati.

3.2.7 Scheduler

Come spiegato nel capitolo di analisi dei requisiti, si è deciso di implementare il servizio di polling dei dati dei sensori con un intervallo di tempo pari a due minuti. Per fare questa cosa utilizzo la libreria `@nestjs/schedule` che integra il package `cron` di `Node.js`.

Questa libreria mette a disposizione uno strumento per poter eseguire il metodo di una classe ad intervalli di tempo regolari.

Per poter usare la libreria bisogna importare, nel modulo `root` dell’applicazione, il modulo della libreria `schedule` in questo modo:

```
@Module({
  imports: [
    ScheduleModule.forRoot()
  ],
})
export class AppModule {}
```

Avendo importato la libreria abbiamo a disposizione un decorator `@Cron`, da specificare sopra al metodo che vogliamo venga schedulato.

Come parametro del `@Cron` dobbiamo inserire una stringa contenente un cron pattern, con l’intervallo di tempo con cui vogliamo che `NestJS` esegua il metodo.

Nel nostro caso vogliamo eseguirlo ogni due minuti, quindi gli passiamo la stringa `"*/2 * * * *"`.

In particolare, il metodo da schedulare è il metodo all’interno del service `Sensors-ScrapingService`, che si occupa di effettuare il polling, la persistenza dei dati dei sensori di parcheggio e delle misurazioni dei sensori di parcheggio.

3.2.8 Logging

Il logging in un’applicazione è un processo fondamentale, che serve a salvare gli eventi che accadono durante la sua esecuzione.

Grazie al logging, gli sviluppatori possono accorgersi di potenziali attacchi o analizzare gli errori prima che questi interrompano i flussi di lavoro aziendali.

Il logging viene effettuato salvando su un file (solitamente con estensione `.log`) le

informazioni rilevanti accadute in un particolare evento che si è deciso di loggare, come la richiesta da parte dell'utente finale di un servizio dell'applicazione.

Solitamente questi file di log diventano molto grandi, quindi possono aver bisogno di un server dedicato per persisterli.

Per questo progetto è stato deciso di fare il logging di tutte le richieste alle REST API da parte dell'utente finale e tutte le volte che viene eseguito il servizio di polling schedulato.

In particolare, per le richieste alle REST API dell'utente finale, si vuole effettuare il logging delle seguenti informazioni:

- * metodo della richiesta (GET, POST, PUT, DELETE);
- * endpoint richiesto;
- * corpo della richiesta;
- * user agent dell'utente finale;
- * ip dell'utente finale;
- * status code di risposta;
- * lunghezza del messaggio di risposta;
- * timestamp della richiesta;

Per il servizio di polling si vuole effettuare il logging delle seguenti informazioni:

- * timestamp del momento di avvio del polling;
- * timestamp del momento di fine del polling;

NestJS ha una classe built-in, chiamata `Logger`, che è possibile usare per effettuare il logging dell'applicazione.

Questa classe però permette solo di effettuare operazioni basilari e come spiegato nella guida ufficiale, per effettuare operazioni più complesse, come il salvataggio delle informazioni di logging su file, è bene appoggiarsi ad una libreria esterna che si integra molto bene con NestJS, chiamata `Winston`.

Con `Winston` è possibile definire la destinazione di output dei nostri log (nel nostro caso un file `.log` in una directory `logs` nel progetto) e la formattazione nel testo (nel nostro caso abbiamo usato una funzionalità di `Winston` che permette di usare la stessa formattazione dei log di NestJS).

Le informazioni di cui si può effettuare il logging tramite `Winston`, assumono diversi livelli. Il livello del log indica la sua importanza:

- * `error`: log critico, qualcosa nell'applicazione non ha funzionato correttamente e alcune funzionalità dell'applicazione potrebbero non funzionare correttamente;

- * warn: log di avviso, qualcosa di inaspettato è successo nell'applicazione;
- * info: log di informazione, è successo un evento all'interno dell'applicazione;

Esistono poi altri livelli di log che non sono stati però usati in questo progetto, quindi si è deciso di non specificarli.

Winston permette di scegliere quali sono i livelli di informazione che vogliamo loggare, per questo progetto è stato effettuato il logging a livello error e info.

Le informazioni riguardanti le richieste dell'utente finale e il servizio di polling, sono stati loggate a livello info.

Per loggare le richieste dell'utente finale è stato implementato un middleware LoggerMiddleware che intercetta tutte le richieste dell'utente finale prima che vengano passate ai controller e salva in delle variabili interne le informazioni sulla richiesta.

Per avere nel log, anche lo status code della risposta inviata all'utente finale dal controller, il LoggerMiddleware imposta un listener sull'evento close dell'oggetto response. In questo modo il log viene scritto solo quando il controller ha terminato di gestire la richiesta e abbiamo tutti i dati a disposizione per poterla loggare.

```
@Injectable()
export class LoggerMiddleware implements NestMiddleware {
  constructor(
    @Inject(WINSTON_MODULE_PROVIDER)
    private readonly logger: Logger
  ) {}

  use(request: Request, response: Response, next: NextFunction):
    void {
    const { ip, method, originalUrl: url } = request;
    const userAgent = request.get('user-agent') || '';
    const body = JSON.stringify(request.body);

    response.on('close', () => {
      const { statusCode } = response;
      const contentType = response.get('content-length');

      this.logger.info(
        `${method} ${url} ${body} ${statusCode} ${contentType}
          - ${userAgent} ${ip}`
      );
    });

    next();
  }
}
```

3.3 Servizio di polling

Sono state proposte due varianti per sviluppare il servizio di polling. Queste due varianti riguardano il modo in cui il servizio `SensorsScrapingService`, che si occupa di effettuare il polling dei dati dei sensori da un file XML online, debba comunicare col servizio di persistenza.

Le due varianti:

1. Far comunicare il `SensorsScrapingService` col servizio di persistenza effettuando delle chiamate http alle REST API di cui ha bisogno.
2. Far comunicare il `SensorsScrapingService` direttamente col livello di servizio dei sensori e delle misurazioni dei sensori di parcheggio.

E' stato scelto di implementare il punto 2. Vediamo le motivazioni che hanno portato a effettuare questa scelta, analizzando pro e contro dei due rispettivi punti.

Pro del punto 1

- * Far comunicare il `SensorsScrapingService` con un servizio di REST API, separa bene le responsabilità e nel caso di migrazione a un applicazione basata su microservizi, il microservizio dedicato al polling dei sensori non deve cambiare il modo in cui interagisce con il servizio di persistenza, in quanto continua a chiamare le stesse REST API tramite il protocollo HTTP.

Contro del punto 1

- * Come analizzato nella fase di analisi dei requisiti il `SensorsScrapingService` deve effettuare 720 chiamate http giornaliere per scaricare i dati dei sensori aggiornati. Quindi come minimo deve effettuare 720 chiamate http giornaliere anche alle REST API, per verificare se ci sono sensori da aggiornare. Nella pratica le chiamate http da fare sono di più, poiché dopo aver verificato se ci sono sensori da aggiornare ed eventualmente aggiornati, bisogna fare un'altra chiamata http alle REST API per verificare se ci sono anche misurazioni dei sensori da aggiornare ed eventualmente aggiornarle. Il che porta il numero di chiamate http da effettuare al servizio di REST API, pari ad un minimo di 1440 giornaliere.

Pro del punto 2

- * Far comunicare direttamente il `SensorsScrapingService` con il servizio dei sensori e delle misurazioni dei sensori di parcheggio riduce notevolmente i costi in termini di carico dell'applicazione, in quanto per persistere i dati è sufficiente chiamare un metodo del servizio da cui si dipende, senza dover fare chiamate HTTP che sono molto costose.

Contro del punto 2

- * Nel caso di migrazione a un'applicazione basata su microservizi bisogna modificare il modo in cui il `SensorsScrapingService` persiste i dati dei sensori e delle

misurazioni dei sensori di parcheggio. Probabilmente bisogna passare a effettuare chiamate HTTP al servizio di REST API (come il punto 1), in quanto il servizio di polling diventerà un microservizio indipendente, quindi non saranno più a lui visibili il servizio dei sensori e delle misurazioni di parcheggio.

- * Solitamente è meglio evitare di creare dipendenze tra servizi, per mantenere il servizio il più isolato possibile per il concetto di separazione delle responsabilità.

Si è optato per il punto 2, in quanto questo è un progetto nato con lo scopo di fare un'analisi comparativa con un altro progetto esistente e quindi per non avere differenze prestazionali si è implementato il servizio usando la variante più simile al modo in cui il servizio di polling è implementato nell'altro progetto. Inoltre è vero che è bene evitare le dipendenze tra servizi per ridurre l'accoppiamento tra le componenti e separare le responsabilità ma molto spesso non è possibile farlo e capita frequentemente di avere dipendenze tra loro.

3.4 REST API

Tramite lo strumento Stoplight sono state progettate 17 REST API. Stoplight light è uno strumento molto buono realizzato appositamente per progettare REST API.

Essendo un servizio in cloud è accessibile a chiunque abbia necessità di avere la documentazione delle API da utilizzare.

Stoplight permette di definire l'specificare dell'API, il metodo della richiesta per accedere alla risorsa (GET, POST, PUT, DELETE ecc..), eventuale corpo della richiesta, eventuale corpo della risposta, status code della risposta e altre informazioni utili a chi deve sviluppare le API o all'utente finale che deve effettuare le richieste.

Progettata un'API su Stoplight è possibile generare il mock della risposta, in questo modo gli sviluppatori front-end non hanno bisogno di attendere che il back-end venga realizzato per sviluppare la parte di front-end.

Le REST API, suddivise per dominio di appartenenza, sono le seguenti:

Parcheggio

Endpoint	Metodo	Codice risposta	Descrizione
/parking-areas	GET	200	Restituisce tutti i parcheggi
/parking-areas	POST	201	Crea un parcheggio
/parking-areas/{id}	GET	200	Restituisce il parcheggio con l'id richiesto
/parking-areas/{id}	PUT	200	Modifica il parcheggio con l'id richiesto
/parking-areas/{id}	DELETE	204	Elimina il parcheggio con l'id richiesto

Manutentore

Endpoint	Metodo	Codice risposta	Descrizione
/maintainers	GET	200	Restituisce tutti i manutentori
/maintainers	POST	201	Crea un manutentore
/maintainers/{id}	GET	200	Restituisce il manutentore con l'id richiesto
/maintainers/{id}	PUT	200	Modifica il manutentore con l'id richiesto
/maintainers/{id}	DELETE	204	Elimina il manutentore con l'id richiesto

Sensore

Endpoint	Metodo	Codice risposta	Descrizione
/sensors	GET	200	Restituisce tutti i sensori
/sensors/{id}	GET	200	Restituisce il sensore con l'id richiesto
/sensors/sensors-maintenance	GET	200	Restituisce tutti i sensori con le loro informazioni sulla manutenzione
/sensors/{id}/sensors-maintenance	GET	200	Restituisce il sensore con l'id richiesto con le sue informazioni sulla manutenzione
/sensors/{id}/sensors-maintenance	PUT	200	Modifica le informazioni di manutenzione del sensore con l'id richiesto
/parking-spots/{id}/sensors	GET	200	Restituisce tutti i sensori della piazzola con l'id richiesto

Piazzola

Endpoint	Metodo	Codice risposta	Descrizione
/parking-areas/{id}/parking-spots	GET	200	Restituisce tutte le piazzole del parcheggio con l'id richiesto
/parking-areas/{id}/parking-spots	POST	201	Crea una piazzola associata al parcheggio con l'id richiesto
/parking-spots/{id}	PUT	200	Modifica la piazzola con l'id richiesto
/parking-spots/{id}	DELETE	200	Elimina la piazzola con l'id richiesto
/sensors/{id}/parking-spots	GET	200	Restituisce tutte le piazzole del sensore con l'id richiesto

Misurazione sensore di parcheggio

Endpoint	Metodo	Codice risposta	Descrizione
/sensors/id/parking-sensors	GET	200	Restituisce tutte le misurazioni del sensore di parcheggio con l'id richiesto (ogni sensore di parcheggio ha solo una misurazione: l'ultima effettuata)

Capitolo 4

Ristrutturazione database

Durante la fase di studio del database mi sono reso conto che erano presenti dei problemi sufficientemente gravi da richiederne una ristrutturazione.

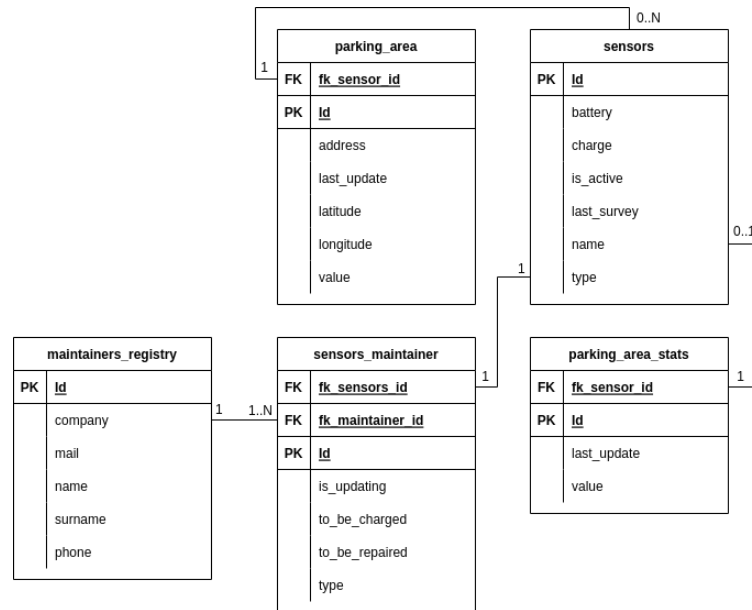
Analizzate le problematiche mi sono confrontato con un mio collega stagista che stava lavorando sullo stesso database per un altro progetto di stage collegato a Smart Parking.

Anche lui si è dimostrato d'accordo con il fatto che il database necessitava di una ristrutturazione e mi ha aiutato a rilevare altri possibili problematiche.

Abbiamo poi effettuato una progettazione della ristrutturazione correlata da un documento che spiegava le scelte fatte e le motivazioni che hanno portato a effettuare le scelte.

Successivamente abbiamo presentato il progetto di ristrutturazione al proponente, che si è mostrato d'accordo con noi sull'esistenza dei problemi rilevati ed è stato molto soddisfatto della soluzione proposta.

Il modello logico esistente era il seguente:



4.1 Problemi rilevati

Nomi tabelle incoerenti

I nomi di alcune tabelle erano incoerenti con la funzionalità che andavano a svolgere:

sensors_maintainer è la tabella che contiene i dati di manutenzione dei sensori, un nome più appropriato potrebbe essere sensors_maintenance.

parking_area è la tabella che rappresenta la piazzola di parcheggio, un nome più appropriato potrebbe essere parking_spots.

Duplicazione di dati

La tabella parking_area_stats non serve a nulla, in quanto duplica soltanto dei dati già presenti nella tabella parking_area, creando un'inutile ridondanza di dati.

Cardinalità delle relazioni errata

La relazione sensors -> parking_area ha cardinalità uno a molti, nel senso che una piazzola può avere più sensori e un sensore può essere associato solo a una piazzola. La cosa è sbagliata, in quanto una piazzola può si avere più sensori associati (un sensore di parcheggio e/o N sensori ambientali) ma anche un sensore può essere associato a più piazzole; in quanto un sensore ambientale può ricoprire un area di N piazzole.

Mancanza di tabelle fondamentali

Manca una tabella fondamentale che rappresenti un parcheggio (un insieme di piazzole). Tabella molto importante dato che essa ha un indirizzo e una posizione geografica (latitudine e longitudine), riconosciute come tali dagli strumenti di navigazione più comuni, come Google Maps.

Ogni piazzola di uno stesso parcheggio ha una posizione geografica diversa dalle altre piazzole (discostata di qualche metro) e potenzialmente diversa da quella del parcheggio.

Quindi con la struttura vecchia non è possibile ricercare un parcheggio a sistema passando le coordinate del parcheggio di Google Maps ad esempio e nemmeno identificare un parcheggio.

Database poco modulare

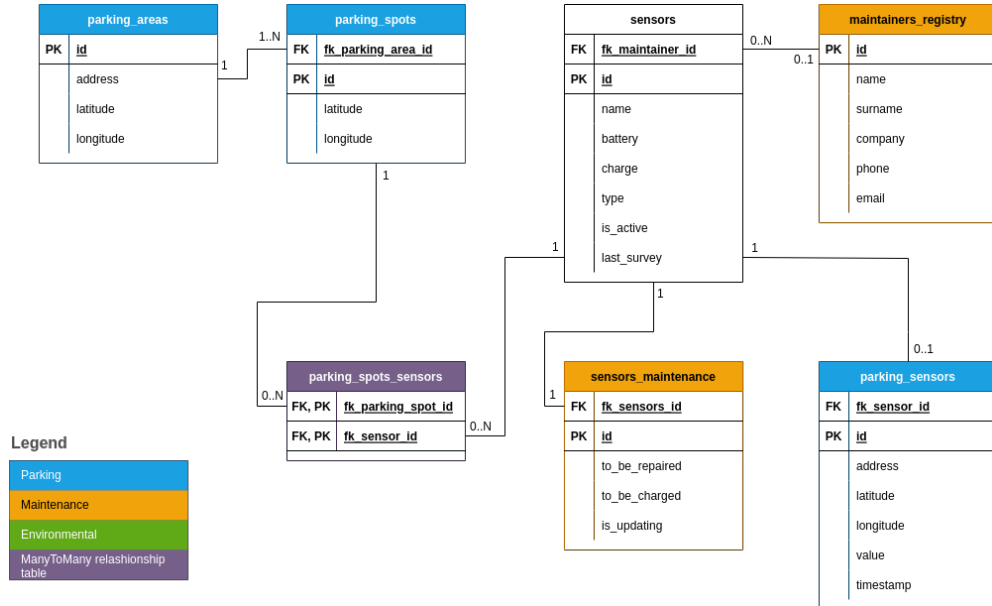
Il valore del sensore di parcheggio viene salvato all'interno della tabella parking_area (libero/occupato). Questa cosa non crea problemi ora che si è deciso, dall'analisi fatta, di salvare solo l'ultima misurazione di un sensore di parcheggio.

Se però in futuro si decidesse di salvare uno storico di misurazioni dei sensori di parcheggio (cosa molto probabile che avvenga e cosa che viene già fatta con i sensori ambientali), con la struttura attuale non è possibile farlo e i costi per modificare la struttura del database in futuro, con il progetto in produzione da tempo, sarebbero molto più alti rispetto a farlo adesso.

Inoltre l'aggiunta di una tabella per lo storico non ha un impatto negativo sulla struttura del database.

4.2 Ristrutturazione

Il modello logico ristrutturato è il seguente:



Operazioni effettuate:

Nomi tabelle incoerenti

Sono stati modificati i nomi di alcune tabelle per renderle più coerenti alla loro funzionalità:

parking_area è stata modificata in parking_spots.

sensors_maintainer è stata modificata in sensors_maintenance.

Duplicazione di dati

E' stata eliminata la tabella parking_area_stats.

Cardinalità delle relazioni errata

La relazione sensors -> parking_area è diventata una relazione molti a molti.

E' stato reso facoltativo il fatto che il sensore debba essere associato a una piazzola.

E' stato reso facoltativo il fatto che il manutentore debba essere associato a un sensore.

E' stato reso facoltativo il fatto che il sensore debba essere associato a un manutentore.

Mancanza di tabelle fondamentali

E' stata aggiunta la tabella parking_areas che rappresenta i parcheggi, dotati di indirizzo, latitudine e longitudine.

Database poco modulare

E' stata creata la tabella `parking_sensors` per salvare la misurazione del sensore di parcheggio ed è stato tolto il campo `value` dalla nuova tabella `parking_spots`; in quanto avendo già la tabella `parking_sensors`, il campo `value` rappresentava una ridondanza inutile.

Per ogni sensore di parcheggio ora viene salvata solo una misurazione nella tabella `parking_sensors`, ovvero l'ultima, che sovrascrive la precedente ma a differenza del modello logico precedente, se in qualsiasi momento si decidesse di salvare lo storico delle misurazioni dei sensori di parcheggio, si può fare semplicemente togliendo il vincolo `unique` dalla foreign key `fk_sensor_id` della tabella `parking_sensors`, senza modificare la struttura delle tabelle.

Capitolo 5

Verifica e validazione

In questo capitolo viene descritta la fase di verifica e validazione realizzata durante il progetto.

5.1 Verifica

5.1.1 Criteri di verifica

E' stato stabilito con il proponente che il prodotto finale dovesse avere una suite di test automatici per testare la business logic del progetto, con una copertura a livello di branch stabilita \geq al 90% e una copertura a livello linee di codice \geq al 60%.

La motivazione che ha portato a richiedere una copertura così alta a livello branch è dovuta al fatto che si vuole assicurare il corretto funzionamento di tutti i possibili casi di errore, anche in caso di futura manutenzione del software.

Con casi di errore sono intesi tutti quei comportamenti inaspettati che si possono verificare durante l'esecuzione di un pezzo del programma. Ad esempio l'errore che viene generato quando si vuole modificare un parcheggio ma l'operazione non può essere fatta perché l'id del parcheggio passato non esiste.

E' inoltre importante che sia mantenuta la coerenza stabilita per i casi di errore e nel caso alcuni branch non fossero coperti da casi di test, uno sviluppatore potrebbe inconsciamente modificare il comportamento del programma in caso di un errore, generando un comportamento inaspettato per l'utente finale. Ad esempio potrebbe eliminare per sbaglio il lancio dell'eccezione `NotFoundError` in caso l'id del parcheggio passato non esista.

Senza questo controllo, nel caso venga passato un id inesistente, il programma invece di ritornare uno status code 404 (NOT FOUND), ritornerebbe lo status code 200 con corpo della risposta vuoto, in quanto la query non avendo trovato l'id richiesto, semplicemente non ritorna nulla ma questo tipo di risposta non è coerente con la pianificazione effettuata e quindi genera un programma poco solido.

E' molto importante per il proponente che questa cosa non succeda e quindi è stata richiesta una copertura a livello branch \geq al 90%.

5.1.2 Strumenti utilizzati

NestJS fornisce uno strumento built-in per scrivere vari tipi di test, tra cui unit test, end to end test, integration test e così via.

Lo strumento di test usa Jest, un framework apposito per scrivere test automatici ed effettuare il mock delle componenti. Jest funziona su progetti che includono React, Babel, TypeScript, Node, Angular, Vue.

I file test in NestJS per conformità sono stati nominati con lo stesso nome della classe che vanno a testare e devono terminare in `.spec.ts` se vogliamo che vengano visti da NestJS ed eseguiti.

Ogni caso di test deve essere racchiuso all'interno della dicitura `describe`, specificando nome della classe che si va a testare e una funzione di callback contenente i test per i vari metodi di quella classe.

A sua volta ogni specifico metodo che si va a testare deve essere racchiuso in un `describe`, che deve contenere il nome del metodo da testare e una funzione callback contenente tutti i test su quel metodo.

Ogni test va scritto all'interno della dicitura `it`, che richiede il nome del test e una funzione callback contenente il caso di test.

```
describe('MaintainersRegistryService', () => {
  describe('getMaintainerById', () => {
    it('should return the maintainer if found', async () => {
      jest.spyOn(maintainersRegistryRepository, 'findOne')
        .mockImplementation(() => Promise.resolve(
          maintainerRegistry));

      const response = maintainersRegistryService.
        getMaintainerById('1');

      await expect(response).resolves.toEqual(maintainerRegistry)
        ;
    });

    it('should throw a NotFoundError if the maintainer was not
      found', async () => {
      jest.spyOn(maintainersRegistryRepository, 'findOne')
        .mockImplementation(() => Promise.resolve(null));

      const response = maintainersRegistryService.
        getMaintainerById('1');

      await expect(response).rejects.toThrow(NotFoundError);
    });
  });
});
```

5.1.3 Progettazione

Per i criteri di verifica stabiliti con il proponente si è deciso di testare tutti i metodi dei service che avessero un numero di branch > 1 . In questo modo viene assicurata la copertura di tutti i casi di errore, dato che i metodi con un solo branch (solitamente metodi di get delle informazioni di un'entità) in caso di errore, avendo solo un branch, non hanno delle ramificazioni per gestirlo in modo custom ma semplicemente non catturano l'eccezione (lanciata da TypeORM o NestJS) che viene rilanciata al chiamante e poi eventualmente catturata dall'exception filter che conforma la risposta per il client.

Scrivendo dei test automatici che vanno a testare i metodi con più di un branch si assicura che:

- * ogni branch può essere raggiunto
 - * ogni branch si comporta nel modo atteso
 - * se uno sviluppatore modifica un metodo, si assicura che i casi di errore gestiti in maniera custom (id passato non trovato, aggiornamento non riuscito ecc..) non vengano eliminati e si assicura il mantenimento della loro conformità con quanto stabilito con il proponente.
- Ad esempio si assicura che venga mantenuto il controllo in caso di errore di aggiornamento di un'entità e venga lanciata dal service un eccezione di tipo `UpdateError`.

Per alleggerire i test e quindi velocizzarne l'esecuzione si è deciso di creare dei mock per tutte le dipendenze della classe da testare, repository compresi.

Fornire dei mock per le dipendenze significa fornire ai casi di test delle componenti fittizie che vanno a simulare il comportamento della componente originale.

Le componenti fittizie sono molto più piccole delle componenti originali e implementano solo la parte di codice necessaria a far funzionare il caso di test nel modo in cui ci si aspetta.

Jest fornisce dei metodi molto utili per creare il mock di un metodo di una classe e sovrascriverne il comportamento. Tramite il metodo `spyOn` infatti si va a specificare l'oggetto e il metodo di cui si vuole effettuare il mock.

Per evitare di dover caricare componenti reali, quindi molto pesanti ed effettuare il mock dei loro metodi, è stata usata una libreria esterna chiamata `@golevelup/ts-jest`, che permette di dichiarare l'intera classe di cui si vuole fare il mock e viene restituito un oggetto con gli stessi metodi della classe che gli abbiamo specificato ma con il contenuto dei metodi vuoto, alleggerendo notevolmente il peso della componente.

Di queste componenti viene poi effettuato il mock dei metodi necessari all'esecuzione dei test, tramite il metodo `spyOn`, come descritto in precedenza.

5.1.4 Realizzazione

Come risultato di quanto progettato sono stata creata una suite di 8 test, per un totale di 40 unit test.

File	% Stmts	% Branch	% Funcs	% Lines
maintainers-registry.service.ts	91.66	100	83.33	91.17
parking-areas.service.ts	82.14	100	46.15	72.13
parking-sensors.service.ts	94.11	100	94.11	92.3
parking-spots.service.ts	88.88	100	50	87.87
sensors.service.ts	38.46	100	0	27.27
sensors-maintenance.service.ts	86.11	90	71.42	84.84
sensors-scraping.service.ts	65.95	100	36.36	51.78
maintainers-registry.service.ts	91.66	100	83.33	91.17

5.2 Validazione

Al termine del progetto la copertura dei requisiti è la seguente:

Tipologia	Coperti	Totale	Percentuale
Funzionali	20	20	100%
Qualitativi	3	3	100%
Di vincolo	7	7	100%
Totale	30	30	100%

Come si può notare i requisiti funzionali, qualitativi e di vincolo sono stati coperti con una percentuale pari al 100%.

Di conseguenza sono stati coperti anche i requisiti desiderabili oltre che quelli obbligatori. Non erano presenti requisiti facoltativi.

Capitolo 6

Analisi comparativa

Il proponente ha deciso di realizzare questo progetto di stage allo scopo di effettuare un'analisi comparativa tra la versione del prodotto finale in NestJS e quella in Spring.

Essendo NestJS un framework abbastanza giovane (rilasciato nel 2016), il proponente si è interessato a questa tecnologia nell'ottica di poter sviluppare futuri progetti aziendali con questo framework e sfruttarne i benefici.

E' stato ritenuto troppo rischioso però utilizzare la nuova tecnologia per realizzare progetti aziendali senza conoscerla nel dettaglio.

Si è deciso quindi di migrare un progetto già esistente scritto in Spring in un progetto con le stesse funzionalità ma scritto in NestJS; con lo scopo di approfondire la tecnologia e fare un'analisi comparativa con il progetto in Spring, che è un framework già ben noto al proponente.

Nel caso l'analisi comparativa dia dei buoni punti a favore di NestJS, il proponente può decidere di mettere in produzione il progetto realizzato in NestJS, sostituendo quello in Spring.

In caso contrario verrà mantenuto in produzione il software in Spring, senza gravi perdite in termine di costo.

Se fosse stato realizzato un progetto in NestJS da zero, senza una controparte in Spring (o un altro framework ben noto al proponente) e fossero sorti dei problemi di non fattibilità, non preventivati in quanto nella fase di analisi non si aveva una conoscenza sufficientemente ampia del framework per poterli rilevare, i costi per dover riscrivere il progetto sarebbero stati molto più alti.

Avendo invece una controparte funzionante e in ambiente di produzione non si corre questo tipo di rischio.

6.1 Le due soluzioni

Le due soluzioni sviluppano un prodotto con le stesse funzionalità: un set di REST API, per la gestione delle operazioni CRUD del progetto Smart Parking.

Il prodotto già esistente è stato realizzato in Spring, l'altro in NestJS:

Spring è un framework che si basa sul linguaggio Java, rilasciato nel 2003. Ci sono molti progetti scritti sopra a Spring, come Spring Boot. Spring Boot è il framework che è stato utilizzato per creare la controparte di questo progetto da un altro stagista.

Spring Boot si occupa di gestire e fornire tutte le librerie di Spring o di terze parti in base alla configurazione di cui abbiamo bisogno, quindi utilizzare questo strumento velocizza notevolmente il processo di sviluppo di un'applicazione.

NestJS è un framework basato sul linguaggio JavaScript, in particolare sul linguaggio TypeScript. NestJS è stato rilasciato nel 2016.

Attualmente non sono molti i prodotti realizzati in NestJS, ma questo framework sta prendendo piede negli ultimi anni in quanto usa Node.js per eseguire il codice JavaScript.

Node.js è uno strumento molto utilizzato, il suo problema è che la vastità di librerie di cui è fornito non risolvono la sua mancanza principale, ovvero la presenza di un'architettura ben strutturata, come invece è ben presente in Spring, che permetta la realizzazione di applicazioni altamente testabili, scalabili, con basso grado di accoppiamento e facili da mantenere.

NestJS copre questa mancanza di Node.js, fornendo un livello in più di astrazione sopra a Node.js e creando quindi un'architettura molto simile a quella di Spring.

6.2 Punti di valutazione

Per effettuare quest'analisi comparativa tra i 2 prodotti finali, sono stati presi in considerazione i seguenti punti:

- * Facilità di sviluppo.
- * Strumenti di supporto allo sviluppo (documentazione, community, video, ecc..).
- * Facilità di accesso agli strumenti di supporto.
- * Prestazioni.
- * Qualità del codice.

6.3 Valutazione

6.3.1 Facilità di sviluppo

Spring

Spring Boot si basa sul concetto di Dependency Injection e usa il pattern controller-service-repository per sviluppare le applicazioni. Questa struttura permette uno sviluppo rapido dell'applicazione, dato che si occupa il framework in maniera automatica, di iniettare le dipendenze dichiarate nei costruttori dei componenti e il pattern controller-service-repository permette di creare un'applicazione ben strutturata e con una buona separazione delle responsabilità, perseguendo i principi SOLID.

NestJS

Anche NestJS si basa sul concetto di Dependency Injection e usa il pattern controller-service-repository, per cui ne trae gli stessi benefici di facilità di sviluppo di Spring.

6.3.2 Strumenti di supporto allo sviluppo

Spring

Nel suo sito ufficiale Spring offre una documentazione molto ricca per imparare in dettaglio il framework.

Essendo questo framework nato 19 anni fa, si è formata una grande community di supporto attorno al framework.

Infatti negli anni sono state pubblicate domande ai problemi più comuni che si presentano agli sviluppatori che affrontano questo framework per la prima volta.

Tali discussioni sono reperibili nei blog appositi o in siti come Stack Overflow. Le risposte alle domande degli sviluppatori sono tante, molte sono da evitare ma non è difficile imbattersi in risposte corrette e molto accurate, scritte da sviluppatori con molta esperienza pregressa col framework.

Ci sono anche molti video tutorial, in piattaforme come il sito Udemy, per imparare il framework.

NestJS

NestJS nel suo sito ufficiale offre una documentazione molto ricca per imparare in dettaglio il framework.

Questo framework è relativamente giovane, nato 6 anni fa. Di conseguenza le aziende e gli sviluppatori che hanno deciso di utilizzarlo non sono molte rispetto a quelli che usano Spring e la community è molto piccola.

Le discussioni sui problemi che si presentano agli sviluppatori che affrontano il framework per la prima volta o sui problemi in generale che si possono avere sviluppando con questo framework sono molto poche.

Molto spesso se si cerca la risposta a un problema che si sta avendo con NestJS, non si trova nessuna discussione a riguardo oppure si trova la domanda posta da uno sviluppatore ma senza alcuna risposta.

A volte invece si viene a scoprire, tramite la discussione ufficiale sul repository GitHub di NestJS, che il problema che si sta avendo è dovuto a un bug di NestJS ancora in fase di fix e previsto in rilascio per le versioni successive.

I video tutorial sono molto pochi e non sufficienti per imparare in dettaglio il framework.

6.3.3 Facilità di accesso agli strumenti di supporto

Spring

La documentazione di Spring è molto pedante e ricca. Imparare l'uso del framework solo dalla documentazione ufficiale richiede molto tempo.

Leggendo interamente la documentazione si diventa dei veri esperti del framework ma con le ridotte tempistiche dello stage non è possibile effettuare questa cosa.

Per iniziare è bene integrare la documentazione ai video tutorial e al materiale online, comprese le discussioni della community.

In questo modo si può essere operativi in tempi più brevi, assicurando di avere una conoscenza del framework alle spalle sufficiente larga da poter fare le cose in modo coerente.

NestJS

Lo strumento principale da usare per imparare NestJS è la documentazione ufficiale.

La documentazione è fatta molto bene e non è eccessivamente ricca come quella di Spring. Spiega in maniera dettagliata e in modo molto chiaro tutti i concetti di cui si ha bisogno per sviluppare con questo framework.

Ho usato principalmente la documentazione ufficiale per imparare il framework durante lo stage e sono riuscito a essere operativo in tempi ragionevoli e a fare le cose in maniera coerente.

6.3.4 Prestazioni

Per valutare le due soluzioni in termini di prestazioni è stato considerato il tempo medio di risposta delle due soluzioni, caricate sullo stesso server e eseguite a parità di condizioni.

Per tutte le API la differenza di risposta tra la soluzione in Spring e in NestJS è troppo piccola per rappresentare un punto di valutazione significativo (dell'ordine dei millisecondi).

Le prestazioni a livello di carico non sono state prese in considerazione, dato che per il momento non si prevede che l'applicazione venga utilizzata con un uso intensivo.

6.3.5 Qualità del codice

Spring

Spring permette di usare degli zuccheri sintattici che nascondono la complessità del codice e lo rendono più pulito.

Come ad esempio le annotazioni, che permettono in maniera chiara e pulita di definire delle proprietà della classe; ad esempio di marcarla come Controller semplicemente applicando l'annotazione `@Controller` sopra la dichiarazione della classe.

Inoltre l'architettura interna del framework permette di per se di scrivere codice pulito, in quanto la separazione delle componenti per livello di responsabilità permette di scrivere metodi con poche righe di codice, facili da interpretare e da mantenere.

NestJS

NestJS è dotato degli stessi zuccheri sintattici per nascondere la complessità del codice e renderlo più pulito.

La differenza rispetto a Spring è che su NestJS le annotazioni si chiamano decorator, ma a livello implementativo hanno lo stesso significato.

Dato che l'architettura di NestJS è la stessa usata da Spring, anche su NestJS si riflettono gli stessi vantaggi di qualità del codice dovuti all'architettura.

L'uso dei moduli in NestJS permette di organizzare meglio la struttura dei file rispetto a Spring.

Inoltre TypeOrm, lo strumento ORM di NestJS per interfacciarsi con il database, permette di scrivere query leggermente più pulite rispetto ad Hibernate, lo strumento ORM di Spring.

6.4 Esito

Da quanto emerso dall'analisi comparativa risulta più semplice creare un software in Spring, per l'elevato materiale di supporto al framework presente in rete e per la presenza di una community molto attiva e professionale, che negli anni ha risolto problemi comuni agli sviluppatori che si sono interfacciati al framework per la prima volta.

Dall'altra parte NestJS risulta povero di materiale di supporto, infatti oltre alla documentazione ufficiale (fatta molto bene), è praticamente sprovvisto di materiale di supporto e di una community.

Infatti molti dei problemi che si presentano agli sviluppatori che affrontano il framework per la prima volta, non sono stati risolti da una community online e questo è fonte di elevato costo in termini di tempo per lo sviluppatore che con una scarsa conoscenza del framework deve cercare di risolvere il problema da solo.

Il fatto di risolvere in maniera autonoma il problema, oltre che a portare un costo in termini di tempo, non assicura che la soluzione trovata sia il modo corretto di procedere; si vengono quindi a creare potenziali inconsistenze nel codice scritto.

A livello di prestazioni non sono state rilevate sostanziali differenze e nemmeno la possibilità di scrivere query leggermente più pulite con TypeOrm rispetto a Spring è stato valutato come parametro sufficiente per scegliere NestJS rispetto a Spring.

Il proponente ha valutato molto importante il punto di valutazione riguardo la facilità

di scrittura del codice e la facilità/disponibilità di accesso agli strumenti di supporto. Il costo in termini di tempo per lo sviluppo di un progetto in NestJS è ancora troppo alto rispetto a Spring, proprio per la difficoltà di reperire materiale di supporto. Per questo motivo l'analisi comparativa ha portato a preferire l'utilizzo del software scritto in Spring come back-end di produzione del progetto Smart Parking.

La realizzazione del progetto è stata comunque molto utile al proponente, che ha conosciuto un nuovo framework; il che potrebbe rivelarsi utile in un futuro prossimo se NestJS prenderà piede e quindi il materiale a disposizione e la community cresceranno, rendendo il framework competitivo a livello di Spring.

Capitolo 7

Conclusioni

7.1 Analisi del prodotto ottenuto

Il prodotto ottenuto, pronto per il rilascio in ambiente di produzione, come spiegato nell'analisi comparativa, non verrà usato come strumento di produzione.

Questo prodotto verrà comunque conservato dal proponente nel proprio repository GitHub, come strumento da cui prendere spunto per un eventuale progetto futuro in NestJS.

Il progetto realizzato ha seguito tutte le buone pratiche di sviluppo suggerite nella documentazione ufficiale NestJS e vari design pattern.

Come richiesto dalla proponente è stata implementata una suite di unit test automatici per testare tutti i servizi a livello branch.

Il prodotto realizzato è molto facile da avviare, infatti qualsiasi sviluppatore che non conosce NestJS può andare nel repository GitHub del progetto e leggere il file README, che spiega in modo dettagliato come scaricare le dipendenze richieste tramite npm e far partire il servizio.

7.2 Raggiungimento degli obiettivi

Vediamo gli obiettivi pianificati e il loro stato di raggiungimento al termine dello stage:

Notazione utilizzata:

- * O per gli obiettivi obbligatori, vincolanti in quanto obiettivo primario richiesto dal proponente.
- * D per gli obiettivi desiderabili, non vincolanti o strettamente necessari ma dal riconoscibile valore aggiunto.
- * F per i vincoli facoltativi, rappresentante valore aggiunto non strettamente competitivo.

Codice	Descrizione	Stato
O01	Acquisizione competenze Java	Soddisfatto
O02	Acquisizione competenze passaggio da monolite a microservizi	Soddisfatto
O03	Acquisizione competenze framework Spring Boot	Soddisfatto
O04	Acquisizione competenze strumento Spring Data JPA	Soddisfatto
O05	Acquisizione competenze realizzazione servizio di REST API	Soddisfatto
O06	Acquisizione competenze strumento Node.js	Soddisfatto
O07	Acquisizione competenze framework Express.js	Soddisfatto
O08	Realizzazione di un servizio REST prototipale con Spring Boot	Soddisfatto
O09	Realizzazione di un servizio REST prototipale con Express.js	Soddisfatto
O10	Realizzazione di un'analisi per il progetto Smart Parking	Soddisfatto
O11	Realizzazione di una progettazione per il progetto Smart Parking	Soddisfatto
O12	Realizzazione di una suite di test automatici con copertura a livello branch $\geq 90\%$	Soddisfatto
O13	Realizzazione di una suite di test automatici con copertura a livello linee di codice $\geq 60\%$	Soddisfatto
O14	Realizzazione di un numero di REST API progettate maggiore dell'80%	Soddisfatto
O15	Realizzazione di un'analisi comparativa tra la soluzione in Spring e in NestJS	Soddisfatto
O16	Raggiungimento degli obiettivi richiesti in autonomia seguendo il cronoprogramma	Soddisfatto

Codice	Descrizione	Stato
D01	Realizzazione di un numero di REST API progettate pari al 100%	Soddisfatto

Codice	Descrizione	Stato
F01	Analizzazione di come poter implementare le best practice dell'architettura a microservizi con NestJS	Soddisfatto parzialmente

7.3 Valutazione personale

L'esperienza di stage è stata molto positiva. La prima parte dello stage è stata quella più difficile da affrontare, in quanto ho dovuto imparare da zero delle tecnologie che non avevo mai visto come Spring e NestJS.

Questo processo di apprendimento è stato per me molto utile, sia perché la conoscenza di questi due framework mi sarà molto utile in ambito lavorativo, sia perché mi ha insegnato come apprendere il funzionamento di un framework in maniera abbastanza dettagliata ed essere operativo in tempo breve.

Ho potuto affacciarmi in un'azienda con molti dipendenti e quindi confrontarmi giornalmente con sviluppatori più esperti di me che mi hanno aiutato molto.

Sono soddisfatto del prodotto realizzato e di come si sono svolti i processi di sviluppo che hanno portato alla sua realizzazione.

Ritengo molto valida questo tipo di esperienza in azienda, anche per tutti i miei colleghi universitari futuri, in quanto mi ha fatto crescere molto come sviluppatore. Anche se due mesi sono pochi ho potuto mettere mano a un progetto reale e sono molto cresciuto anche nella fase di analisi e progettazione.

Sicuramente il background fornito dall'università è stato fondamentale per poter svolgere questo stage; in quanto l'università mi ha fornito tutti i concetti basilari di cui avevo bisogno per poter apprendere le nuove tecnologie e per poterle utilizzare in maniera corretta.

L'università mi ha dato gli strumenti per poter analizzare con occhio critico le scelte progettuali che sono andato a svolgere.

In conclusione sono pienamente soddisfatto dello stage che ho fatto e del prodotto che ho realizzato che, anche se non verrà utilizzato in produzione, ha posto comunque le basi per un futuro progetto realizzabile in NestJS e ha reso appetibile questa nuova tecnologia per i progetti futuri del proponente.

