

Università degli Studi di Padova

DIPARTIMENTO DI MATEMATICA "TULLIO LEVI-CIVITA"

CORSO DI LAUREA IN INFORMATICA



**Analisi comparativa di protocolli di
modellazione e trasferimento dati: REST API
vs GraphQL**

Tesi di laurea

Relatore

Prof. Paolo Baldan

Laureando

Federico Marchi

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit.

— Oscar Wilde

Dedicato a ...

Sommario

Il presente documento descrive il lavoro svolto durante il periodo di stage, della durata di circa trecento ore, dal laureando Pinco Pallino presso l'azienda Azienda S.p.A. Gli obbiettivi da raggiungere erano molteplici.

In primo luogo era richiesto lo sviluppo di ... In secondo luogo era richiesta l'implementazione di un ... Tale framework permette di registrare gli eventi di un controllore programmabile, quali segnali applicati Terzo ed ultimo obbiettivo era l'integrazione ...

“Life is really simple, but we insist on making it complicated”

— Confucius

Ringraziamenti

Innanzitutto, vorrei esprimere la mia gratitudine al Prof. NomeDelProfessore, relatore della mia tesi, per l'aiuto e il sostegno fornitomi durante la stesura del lavoro.

Desidero ringraziare con affetto i miei genitori per il sostegno, il grande aiuto e per essermi stati vicini in ogni momento durante gli anni di studio.

Ho desiderio di ringraziare poi i miei amici per tutti i bellissimi anni passati insieme e le mille avventure vissute.

Padova, Dicembre 2022

Federico Marchi

Indice

1	Introduzione	1
1.1	L'azienda	1
1.2	L'idea	1
1.3	Organizzazione del testo	1
2	Descrizione dello stage	3
2.1	Introduzione al progetto	3
2.2	Analisi preventiva dei rischi	3
2.3	Requisiti e obiettivi	3
2.4	Pianificazione	3
3	Protocolli di modellazione e trasferimento dati	5
3.1	Introduzione ai protocolli	5
3.2	Approfondimento sullo stile architetturale REST	7
3.3	Approfondimento sul linguaggio di query GraphQL	9
4	Introduzione ai casi d'uso per l'analisi comparativa	17
4.0.1	Confronto con stakeholder	17
4.1	Prototipo	17
4.1.1	Progettazione del prototipo	18
4.1.2	Realizzazione e testing con REST API	25
4.1.3	Migrazione da REST a GraphQL	25
4.2	SushiLab	25
4.2.1	Comprensione dell'applicativo	25
4.2.2	Migrazione del BE da REST a GraphQL	26
4.2.3	Migrazione del FE da REST a GraphQL	26
5	Analisi comparativa dei protocolli REST e GraphQL	27
5.1	Analisi comparativa teorica	27
5.2	Analisi comparativa sui casi d'uso	27
6	Tecnologie utilizzate	29
7	Conclusioni	31
7.1	Consuntivo finale	31
7.2	Raggiungimento degli obiettivi	31
7.3	Conoscenze acquisite	31
7.4	Valutazione personale	31

A Appendice A

33

Bibliografia

37

Elenco delle figure

3.1	Connessione one-to-one.	11
3.2	Connessione one-to-many.	12
3.3	Connessione many-to-many.	13
4.1	Architettura del prototipo di Web Application.	18
4.2	Architettura interna backend.	19
4.3	Diagramma ER del prototipo.	20
4.4	Esempio di implementazione dell'entità Employee in Spring Boot.	21
4.5	Esempio di implementazione della repository di Employee in Spring Boot.	23
4.6	Esempio di implementazione dell'interfaccia EmployeeService.	23
4.7	Classe EmployeeServiceImpl.	24

Elenco delle tabelle

Capitolo 1

Introduzione

Introduzione al contesto applicativo.

Esempio di utilizzo di un termine nel glossario
[Application Program Interface \(API\)](#).

Esempio di citazione in linea
Manifesto Agile. URL: <http://agilemanifesto.org/iso/it/>.

Esempio di citazione nel pie' di pagina
citazione¹

1.1 L'azienda

Descrizione dell'azienda.

1.2 L'idea

Introduzione all'idea dello stage.

1.3 Organizzazione del testo

Il secondo capitolo descrive ...

Il terzo capitolo approfondisce ...

Il quarto capitolo approfondisce ...

Il quinto capitolo approfondisce ...

Il sesto capitolo approfondisce ...

Nel settimo capitolo descrive ...

¹Daniel T. Jones James P. Womack. *Lean Thinking, Second Editon*. Simon & Schuster, Inc., 2010.

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];
- * i termini in lingua straniera o facenti parti del gergo tecnico sono evidenziati con il carattere *corsivo*.

Capitolo 2

Descrizione dello stage

Breve introduzione al capitolo

2.1 Introduzione al progetto

2.2 Analisi preventiva dei rischi

Durante la fase di analisi iniziale sono stati individuati alcuni possibili rischi a cui si potrà andare incontro. Si è quindi proceduto a elaborare delle possibili soluzioni per far fronte a tali rischi.

1. Performance del simulatore hardware

Descrizione: le performance del simulatore hardware e la comunicazione con questo potrebbero risultare lenti o non abbastanza buoni da causare il fallimento dei test.

Soluzione: coinvolgimento del responsabile a capo del progetto relativo il simulatore hardware.

2.3 Requisiti e obiettivi

2.4 Pianificazione

Capitolo 3

Protocolli di modellazione e trasferimento dati

Nel seguente capitolo vengono trattati dal punto di vista teorico i protocolli di modellazione e trasferimento dati, in particolare viene approfondito lo stile architetturale REST e il linguaggio di query GraphQL.

3.1 Introduzione ai protocolli

Modello architetturale client-server

Prima di procedere nella spiegazione sui protocolli di trasferimento e modellazione dati, è necessario fare una breve introduzione sull'architettura delle Web Application moderne. Queste seguono ormai tutte un modello server - client, ovvero un modello architetturale che divide in due processi l'applicazione: un client che richiede servizi al server, il quale li esegue ritornando una risposta contenente l'esito dell'operazione. I protocolli di trasferimento e modellazione dati trovano il loro maggior utilizzo proprio nella comunicazione client - server, tuttavia prima di procedere con la loro spiegazione è necessario introdurre il concetto di Application Programming Interfaces.

Application Programming Interfaces

Comunemente dette API, ovvero l'acronimo di Application Programming Interfaces, sono interfacce comunemente realizzate per agevolare la comunicazione tra server e client. Ciascun applicativo/dispositivo è sviluppato con strutture di dati differenti che evolvono nel tempo, dunque risulta complessa la comunicazione tra queste entità. Le API giocano un ruolo fondamentale nello scambio di dati: infatti definiscono una interfaccia per la comunicazione, la quale è indipendente dall'implementazione specifica del dispositivo o dell'applicativo e permette di comunicare secondo delle regole specifiche riportate nella propria documentazione. Risultano dunque fondamentali nella comunicazione, collaborazione e integrazione di nuovi componenti applicativi.

Al giorno d'oggi le API vengono utilizzate dalla maggior parte delle web applications, dispositivi IoT, applicativi di vario genere e molto altro ancora. Nello specifico nella tesi si fa riferimento alle Web API, ovvero a quelle interfacce che sfruttano il

6CAPITOLO 3. PROTOCOLLI DI MODELLAZIONE E TRASFERIMENTO DATI

protocollo HTTP per la comunicazione con altri applicativi/dispositivi. Ci sono diversi tipi di Web API, tra queste:

- * **API pubbliche:** si tratta di API accessibili da tutti (possono essere anche a pagamento);
- * **API private:** si tratta di API create con lo scopo di essere utilizzate solo ed esclusivamente all'interno dell'azienda;
- * **API partner:** si tratta di API utilizzate tra aziende in collaborazione;
- * **API composte:** si tratta di API differenti combinate tra loro per creare una sequenza di operazioni.

La necessità di standardizzare il modo in cui vengono sviluppate le interfacce API ha portato dunque alla nascita dei protocolli sul trasporto di dati.

Protocolli di trasferimento dati

Per protocolli di modellazione e trasferimento dati s'intende un insieme di regole, strutture e vincoli che regolano il funzionamento delle API. Permettono dunque di definire una sorta di standard al quale gli sviluppatori possono far riferimento per implementare e interagire con le API. Il termine protocollo non si addice perfettamente a tutte le varie tecnologie di data fetching, tuttavia a grandi linee può racchiuderle e dunque verrà utilizzato per questione di comodità.

I primi protocolli e loro evoluzione

Al giorno d'oggi il protocollo di modellazione e trasferimento dati più utilizzato è sicuramente REST, tuttavia sono presenti anche altre tipologie di protocolli in utilizzo o che comunque sono state utilizzate in passato. Si tratta di tecnologie con lo stesso scopo, ma di natura completamente differente, di seguito le principali.

Remote Procedure Call

Viene spesso indicato con l'acronimo RPC, si tratta di protocollo secondo il quale una procedura o subroutine viene invocata da un client esterno al server che deve eseguire la procedura, senza che il client conosca i dettagli del network. Viene utilizzato per chiamare processi in sistemi remoti, ma come fossero locali.

Di seguito riportata la definizione attribuita all'RPC dagli informatici Andrew Birrell e Bruce Nelson nel 1984:

“Meccanismo sincrono che trasferisce il flusso di controllo e i dati attraverso una chiamata di procedura tra due spazi di indirizzo su una rete a banda stretta.”

Come nelle chiamate a procedure locali, un RPC è una operazione sincrona che tiene in pausa il client fino al momento in cui ritorna il risultato della procedura invocata.

Simple Object Access Protocol

Indicato spesso con l'acronimo SOAP, si tratta di un vero e proprio protocollo che definisce la struttura dei dati che devono essere trasferiti e come questi devono essere elaborati. Richiede esclusivamente il formato XML per trasferire dati e tipicamente

viene utilizzato il protocollo HTTP per il trasferimento di file, tuttavia possono essere utilizzati anche protocolli differenti come ad esempio il protocollo SMTP. La struttura di un messaggio SOAP è composta da 3 principali componenti:

- * **Envelope:** necessario al fine di identificare il documento come messaggio SOAP;
- * **Header:** è opzionale. Lo scopo dell'header nei messaggi SOAP è quello di trasportare indicazioni estranee al messaggio che si vuole trasportare, ma che vengono interpretate da i diversi nodi durante il cammino del messaggio;
- * **Body:** il body contiene il vero e proprio messaggio che si vuole trasferire.

Ad hoc

3.2 Approfondimento sullo stile architetturale REST

REST è l'acronimo di "Representational State Transfer" e si tratta di un tipo di stile architetturale introdotto da Roy Fielding nel 2000 e viene considerato al giorno d'oggi come uno standard per la realizzazione di web API. Si tratta di una astrazione degli elementi di un architettura di un sistema, del quale REST ne ignora i dettagli dell'implementazione delle componenti e della sintassi del protocollo imponendo dei vincoli sul loro ruolo e sulla loro interazione.

Principi di un architettura REST

Un architettura REST dunque deve rispettare alcuni principi, di seguito verranno elencati i sei gruppi definiti da Fielding.

Client-server

Il primo principio sposa uno dei paradigmi cardine dell'informatica, ovvero il principio di *Separation of concerns*, secondo il quale conviene sempre separare un sistema complesso in moduli distinti in modo che ognuno possa avere un proprio compito.

Ciò viene ripreso nell'architettura REST separando il client dal server, dunque dividendo due logiche diverse in due moduli distinti. Così facendo server e client possono essere implementati in maniera indipendente, usando qualsiasi lingua o tecnologia, basta che siano conformi al prossimo principio detto *uniform interface*.

Uniform interface

Si tratta di un principio fondamentale che differenzia le REST API da qualsiasi API non REST. Secondo questo principio l'interazione tra componenti Web, dunque client, server e tutti gli intermediari del network, dipendono dalla uniformità delle loro interfacce. I componenti Web dunque sono in grado di comunicare coerentemente seguendo quattro vincoli sull'interfaccia delineati da Fielding; questi sono:

- * **Identification of resources:** le risorse che vengono richieste devono essere identificate nella richiesta stessa, dunque specificandole nell'url;
- * **Manipulation of resources through representations:** il client deve avere la rappresentazione delle risorse e deve poter sapere come modellarle sul server. L'idea alla base è che la rappresentazione (attraverso un qualsiasi formato, ad es.

8CAPITOLO 3. PROTOCOLLI DI MODELLAZIONE E TRASFERIMENTO DATI

JSON, XML, ecc...) è una modo per interagire con le risorse, ma non è la risorsa stessa;

- * **Self-descriptive messages:** in ciascun messaggio devono esser presenti le informazioni necessarie a descrivere come deve essere processata la richiesta;
- * **Hypermedia as the Engine of Application State:** la rappresentazione dello stato di una risorsa deve includere i riferimenti alle risorse correlate. É dunque necessario includere i link per ciascuna risposta, così che il client possa navigare tra le altre risorse facilmente.

Layered System

Secondo questo principio l'architettura di un applicativo deve essere composta da più strati. Ciascuno strato inoltre è cieco rispetto agli altri strati, tranne per quanto riguarda gli strati adiacenti. Questi layer possono essere composti da intermediari basati sul network i quali intercettano la comunicazione client-server con uno scopo specifico (ad esempio per questioni di sicurezza, caching, controllo del flusso dati, ecc...), possono essere ad esempio proxy e gateways. Per il principio di Layered System questi intermediari devono aderire alle interfacce al fine di mantenerne l'uniformità.

Cache

Si tratta di uno dei vincoli fondamentali in un architettura Web, secondo il quale un web server deve dichiarare la *cacheability* di ciascuna risposta ritornata. Più specificatamente qualsiasi risposta di un server deve etichettare come cacheabili o meno i dati presenti all'interno di esso. Così facendo gli intermediari tra server e client e il client stesso sanno come comportarsi riguardo alla memorizzazione dei dati.

Stateless

Il vincolo di stateless fa riferimento al fatto che un server non deve memorizzare lo stato dell'applicazione client. Questo implica però che ogni richiesta che il server riceve dal client deve essere sufficientemente dettagliata sullo stato del client affinché il server sia in grado di eseguirla. Dunque le richieste non sono correlate tra loro e per questo viene definito "stateless".

Questo vincolo porta un vantaggio fondamentale secondo il quale un server così facendo può gestire richieste da molti client. Può inoltre esser scalato molto più facilmente con l'aiuto ad esempio di un load balancer.

Code on demand

Per ultimo troviamo il vincolo di code on demand, si tratta di un vincolo facoltativo secondo il quale la logica del client può essere aggiornata indipendentemente da quella lato server. Un esempio pratico lo troviamo nella signal web application le quali rispettano totalmente questo vincolo.

3.3 Approfondimento sul linguaggio di query GraphQL

Introduzione

GraphQL è stato ideato da Facebook nel 2012 e condiviso e reso pubblico nel 2014. Al giorno d'oggi molte importanti applicazioni utilizzano GraphQL, come ad esempio GitHub, Twitter, PayPal e Pinterest. Viene considerato come il principale competitor e possibile successore di REST nell'ambito del data fetching, tuttavia come verrà spiegato in seguito, oltre a svariati punti di forza e di innovazione ha anche alcuni problemi.

Più nello specifico GraphQL è un linguaggio di query per le APIs. Viene definito agnostico rispetto al mezzo di trasporto perché non dipende dal modo in cui client e server comunicano, ma solitamente viene utilizzato sul protocollo HTTP. Il principale punto di forza di GraphQL è la possibilità di specificare nella query esattamente i dati che si è interessati a ricevere, questo permette dunque di non occupare la rete per dati non richiesti. Altro importante punto di forza, ma che talvolta può risultare un problema, è che è fortemente tipizzato.

Affermare che GraphQL abbia lo scopo di servire esclusivamente come linguaggio di query può risultare riduttivo. Una dei principali motivi d'utilizzo di GraphQL è quello di riuscire a raggruppare tutti i dati e servizi di un'applicazione insieme in uno stesso posto, e fornire così un'interfaccia unica che risulti consistente, sicura e infine semplice da utilizzare.

GraphQL non specifica come deve essere costruita un'API, tuttavia ci sono cinque linee guida dette "Principi di design" da tenere in considerazione durante lo sviluppo di un API:

- * **Hierarchical:** i tipi ricercati in una query GraphQL seguono una struttura gerarchica, infatti i tipi possono avere come campi altri tipi e così via. Inoltre i dati che vengono ritornati dalla query, vengono ritornati esattamente con la medesima struttura con cui sono stati richiesti;
- * **Product centric:** le API sono inevitabilmente guidate dalle richieste dal client, per questo bisogna realizzarle in maniera flessibile cercando di tener conto delle richieste client per permettere quanto richiesto;
- * **Strong typing:** un server GraphQL è supportato da un type system specifico a seconda dell'applicazione. Data una query, il server assicura che questa sia sintatticamente corretta, valida e che i tipi in gioco rispettino esattamente la struttura dei tipi definiti nel GraphQL schema;
- * **Client-specified queries:** in GraphQL, la codifica della query avviene nel client e non nel server e si tratta di query che vanno a specificare campo per campo. Nella maggiorparte dei sistemi che non utilizzano GraphQL, il server determina quali dati ritornare. In GraphQL ciò non accade, vengono infatti ritornati solo i dati specificati dal client;
- * **Introspective:** GraphQL è introspettivo, infatti i clients possono consultare a fondo il GraphQL schema e possono dunque vedere tutte le query disponibili, i vari tipi e i loro campi.

GraphQL schema

GraphQL ha cambiato il modo di pensare alle APIs: queste non vengono più considerate come un insieme di endpoints dai quali ottenere dati ed eseguire servizi, ma vengono piuttosto considerate come una collezione di tipi.

La progettazione delle APIs GraphQL risulta essere differente da come avviene negli altri protocolli, infatti prima di procedere con l'implementazione delle APIs, è necessario definire i tipi di dati che verranno esposti e richiesti dalle APIs. Questo approccio viene denominato "**Schema first**" e si tratta di una tecnica che prevede appunto come prima fase della progettazione del sistema di APIs, la creazione di una sorta di pagina nella quale radunare tutti i tipi necessari, questo posto viene definito **GraphQL Schema**. È importante definire nel dettaglio all'interno dello schema tutti i tipi che possono essere richiesti e inviati dai clients. Così facendo poi gli sviluppatori frontend saranno in grado di conoscere nel dettaglio la struttura di ciascun tipo e delle varie query. Le APIs sviluppate con GraphQL si autodocumentano proprio perché è sufficiente la consultazione dello schema per comprendere la natura delle entità che si desidera interrogare o modellare.

Definizione dei tipi

Come detto in precedenza la caratteristica principale di GraphQL è che si tratta di un linguaggio di query fortemente tipizzato. I tipi sono l'unità principale di un GraphQL schema.

Per tipo s'intende un oggetto costruito dettagliatamente campo per campo che deve poi corrispondere ad una entità nel backend dell'applicativo. Dunque all'interno dello schema dovranno essere definiti tutti i tipi che andranno a rappresentare la struttura dati dell'applicativo.

Un tipo può contenere come campi dati altri tipi che sono definiti nel medesimo schema. Segue un esempio di tipo dichiarato in uno schema GraphQL, in questo caso si tratta della dichiarazione di un Employee:

```
type Employee {
  id: ID
  name: String!
  owns: Badge
  worksIn: Department
  worksOn: [Project]
  ...
}
```

In questo caso il tipo Employee avrà come campi:

- * **id**: un codice identificativo di tipo *ID*;
- * **name**: un nome di tipo *String*, il punto esclamativo indica che si tratta di un campo che non può essere nullo;
- * **owns**: un badge di tipo *Badge* per l'accesso al dipartimento;
- * **worksIn**: un dipartimento di tipo *Department* nel quale lavora l'impiegato,
- * **worksOn**: una lista di progetti di tipo *Project* al quale l'impiegato sta lavorando.

I tipi *Department*, *Badge* e *Project* dovranno essere necessariamente definiti all'interno dello stesso GraphQL schema di *Employee*; I built-in type che GraphQL mette a disposizione vengono detti **scalar type** e sono: *Int*, *String*, *Boolean*, *ID*, *Float*. È possibile inoltre dichiarare anche degli scalar type personalizzati con la keyword "*scalar*", oppure delle enumerazioni attraverso l'utilizzo della keyword "*enum*". È possibile infine unire diversi tipi, molto utile nel caso in cui si volesse ritornare uno tipo tra un insieme di tipi, questo è possibile farlo con la keyword "*union*" come segue:

```
union worker = Employee | Manager | Chief
```

In questo caso sono stati uniti in un unico tipo *worker* i tipi *Employee*, *Manager* e infine *Chief*. Verrà molto utilizzato successivamente il tipo unione nella gestione degli errori di ritorno al client dopo l'esecuzione delle query.

Connessioni tra tipi

GraphQL è così denominato perché oltre ad essere un Query Language come suggeriscono le ultime due lettere del nome, permette di definire connessioni di vario genere tra i tipi definiti nello schema, queste connessioni vanno di fatto a creare un grafo composto da tipi interconnessioni, da questo deriva il prefisso *Graph*. È fondamentale durante la definizione del GraphQL schema riportare le relazioni nella maniera corretta delle entità corrispondenti nel database dell'applicativo. Un'ultima premessa prima di visualizzare i vari tipi di connessioni riguarda la direzionalità delle connessioni: in GraphQL risulta essere una buona pratica dare bidirezionalità alle connessioni ove possibile, questo con lo scopo di lasciare più flessibilità possibile allo sviluppatore client il quale dalla una query specifica può raggiungere diversi tipi e spostarsi nel grafo come più desidera.

Di seguito vengono elencate le varie relazioni con relativi esempi.

Connessione one-to-one

Nelle relazioni one-to-one ad un tipo viene associata una sola istanza di un altro tipo e viceversa. Riprendendo il caso del tipo *Employee* riportato sopra, possiamo trovare una relazione del tipo one-to-one tra i tipi *Employee* e *Badge*. Di seguito la rappresentazione del grafo:

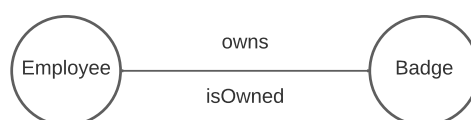


Figura 3.1: Connessione one-to-one.

Come mostrato in figura 3.1 il collegamento tra i due tipi è definito come "owns" se si legge nel verso che parte da *Employee* per raggiungere *Badge* e fa riferimento all'omonimo campo di *Employee*. Se altrimenti la connessione si percorre nel verso opposto viene definita "isOwned", come l'omonimo campo di *Badge*, riportato in seguito:

```
type Badge {
  id: ID
```

```

    isOwned: Employee
    ...
}

```

Connessione one-to-many

In questo caso bisogna focalizzarsi sul campo *worksIn* di *Employee*. Questo campo definisce la connessione con un elemento di tipo *Department*, dunque a ciascun impiegato corrisponde un dipartimento nel quale lavora. Tuttavia pensando alla connessione in senso opposto a ciascun dipartimento possono corrispondere più impiegati. Segue dunque la rappresentazione della connessione nel grafo:

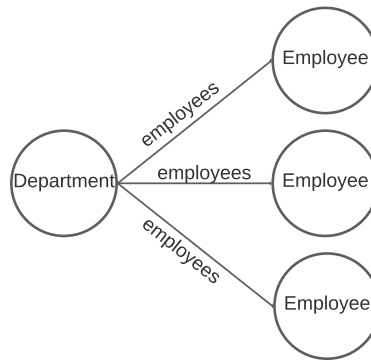


Figura 3.2: Connessione one-to-many.

Come mostrato in figura 3.2 il collegamento tra il dipartimento e i vari impiegati viene chiamato "employees" se si considera il verso che parte da *Department* per raggiungere *Employee* e corrisponde all'omonimo campo di *Department*. Tuttavia il collegamento è definito "worksIn" se la connessione viene percorsa nel verso opposto. Segue la rappresentazione del tipo *Department*:

```

type Department {
    id: ID
    name: String!
    address: String!
    employees: [Employee]
}

```

Connessione many-to-many

Consideriamo ora il campo *worksOn* di *Employee* che collega ciascun impiegato con una lista di progetti ai quali sta lavorando. In questo caso però considerando il collegamento nel verso opposto anche ciascun progetto può avere più impiegati che ci lavorano. In questo caso si tratta di una relazione many-to-many e segue la rappresentazione nel grafo:

Le relazioni many-to-many non sono altro che l'unione di due relazioni one-to-many.

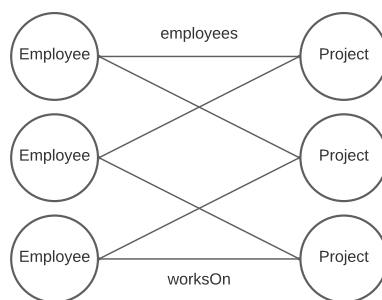


Figura 3.3: Connessione many-to-many.

La connessione in questo caso, come nei casi precedenti, a seconda del verso in cui viene percorsa può esser definita come "worksOn" o "employees" come mostrato in figura 3.3. Di seguito la rappresentazione del tipo Project:

```

type Project {
  id: ID
  name: String
  employees: [Employee]
}
  
```

Operazioni sui dati

Come detto in precedenza GraphQL è un linguaggio di query e come tale permette di interrogare i dati o eseguire operazioni su di essi. Ci sono tre tipi di operazioni che possono essere fatte sui dati e queste sono: *Query*, *Mutation* e infine *Subscription*.

Query

L'operazione di query viene utilizzata per richiedere dati da una determinata API ed equivale alla GET nel protocollo REST. È necessario dichiarare nel GraphQL schema la query che il programmatore backend desidera rendere disponibile, così facendo vengono dichiarati anche i tipi che possono eventualmente essere passati come argomenti e quelli che verranno ritornati dalla query.

Un esempio di dichiarazione di query che ritorna una lista di tutti gli oggetti di tipo Employee presenti in un determinato Department può essere:

```

type query {
  employeesInDepartment(departmentId: ID!): [Employee]
}
  
```

In questo caso invocando la query *employeesInDepartment* e passando come argomento alla query l'id (non può essere un valore nullo) del dipartimento, riceveremo come risposta un JSON contenente un campo "data" contenente a sua volta la lista di impiegati, questo se la query ha avuto successo. In caso di insuccesso della query per qualsiasi motivo, ad esempio per avere passato un id errato, allora verrà ritornato un JSON con un campo "error", contenente la descrizione dell'errore.

Dal punto di vista del client, qualora si volesse invocare questa query bisognerebbe strutturare la richiesta come segue:

```

query {
  employeesInDepartment(id: "2BR4S") {
    id
    name
    worksOn {
      id
      name
    }
  }
}

```

Se la query non dovesse fallire, verrà ritornata una lista di impiegati e per ciascun impiegato verranno ritornati i campi specificati nella query dunque: l'*id*, il *name*, una lista di oggetti di tipo *Project* nel campo *worksOn* per i quali bisognerà a loro volta specificare i campi ai quali si è interessati, in questo caso all' *id* e al *name* di ciascun progetto.

È inoltre possibile utilizzare gli argomenti delle query per controllare la quantità di dati che possono esser ritornati con un processo chiamato *data paging*, oppure usarli per decidere in che ordine vogliamo che vengano ritornati i dati.

Mutation

L'operazione di mutation viene utilizzata per eseguire modifiche sui dati. Equivale all'unione delle operazioni POST, DELETE, PUT, PATCH nel protocollo REST. Come per le query è necessario dichiarare le mutation che si vogliono rendere disponibili al client.

Un esempio di mutation può essere:

```

type mutation {
  addNewEmployee(employee: Employee!): Employee
}

```

In questo caso la mutation *addNewEmployee* andrà ad aggiungere un nuovo impiegato nella struttura dati dell'applicativo. Il client per invocare questa mutation dovrà strutturare la richiesta come segue:

```

mutation {
  addNewEmployee(employee: {
    name: "Mario"
  }) {
    id
  }
}

```

In questa mutation è stato passato come argomento un oggetto di tipo *Employee*, del quale è stato specificato esclusivamente il nome (va obbligatoriamente specificato essendo un campo dichiarato non nullo). Come da definizione la mutation ritorna un oggetto di tipo *Employee*, del quale però in questo caso si vuole ricevere solo l'*id* generato. Come nel caso della query, se l'aggiunta dell'impiegato avrà successo, nel JSON di ritorno ci sarà un campo *data* contenente l'*id* generato in seguito all'aggiunta dell'impiegato, in caso contrario sarà ritornato un JSON con un campo *error* che descrive l'origine dell'errore.

Subscription

L'ultimo tipo si chiama Subscription e si tratta di una funzione particolare resa disponibile in GraphQL, infatti grazie a questa funzione i client possono sottoscrivere ad una subscription e così facendo sarà il server ad inviare al client i dati richiesti non appena questi sono disponibili, dunque non è più necessario che sia il client a richiedere periodicamente i dati aggiornati.

Un esempio di definizione di una Subscription può essere:

```
type subscription {  
  newEmployeeAdded: Employee!  
}
```

Il client che desidera sottoscrivere alla subscription *newEmployeeAdded* dovrà mandare una richiesta strutturata come segue:

```
subscription {  
  newEmployeeAdded {  
    id  
    name  
  }  
}
```

Così facendo il server, appena viene aggiunto un nuovo impiegato, invierà direttamente al client i dati che il client ha specificato nella sottoscrizione, ovvero in questo caso l'*id* e il *name* dell'impiegato.

Essendo il server a dover inviare i dati al client e non il client che richiede i dati dal server, non è utilizzabile il protocollo HTTP per la comunicazione server - client, bisogna quindi utilizzare il protocollo WebSocket per aprire un canale di comunicazione a doppia via sopra un socket TCP.

Capitolo 4

Introduzione ai casi d'uso per l'analisi comparativa

Illustrazione del prototipo realizzato, prime considerazioni su di esso. Successivamente caso d'uso di SushiLab, migrazione e considerazioni.

4.0.1 Confronto con stakeholder

Parlo confronto stakeholder....

4.1 Prototipo

FORSE QUESTA PARTE VA SU UNO DEI PRIMI DUE CAPITOLI.... INTANTO LASCIO QUA.

Prima di procedere con la spiegazione nella progettazione, realizzazione e migrazione del prototipo vanno fatte delle premesse.

Si tratta di un prototipo realizzato al fine di:

- * familiarizzare con le tecnologie Spring e Angular per la realizzazione rispettivamente di backend e frontend, il tutto in preparazione alla migrazione dell'applicativo aziendale riportato al punto 4.2;
- * familiarizzare con la realizzazione delle API sia con lo stile architetturale REST, che con il linguaggio di query GraphQL;
- * avere un caso d'uso ulteriore a conferma delle analisi che verranno poi ricavate dalla migrazione dell'applicativo SushiLab;

Per questi motivi si tratta di un prototipo specifico che mira alla realizzazione delle API e al loro massimo utilizzo.

Il prototipo che è stato scelto di realizzare è un applicazione client-server con funzione di gestionale. Deve permettere di gestire gli impiegati e i progetti ai quali stanno lavorando, il tutto in diverse sedi con diversi dipartimenti.

4.1.1 Progettazione del prototipo

Architettura generale dell'applicativo

L'applicativo utilizza la classica architettura introdotta al punto 3.1 con un backend sviluppato con Spring Boot e il frontend sviluppato con Angular. In figura 4.1 è possibile visualizzare l'architettura del prototipo con API REST: Verrà dunque realizzato un

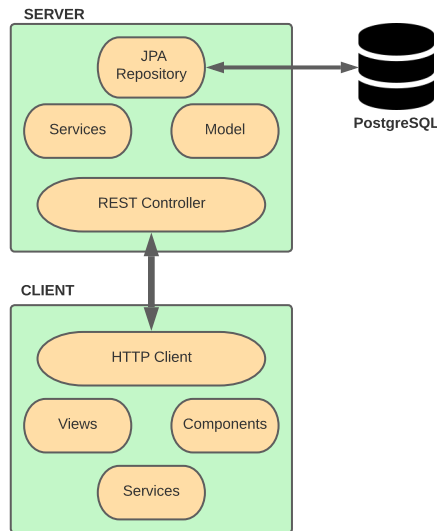


Figura 4.1: Architettura del prototipo di Web Application.

server con framework Spring Boot e la Web Application con framework Angular. Per maggiori informazioni riguardo alle tecnologie consultare il capitolo ??.

Architettura del server

Controller - Service - Repository È stato deciso di seguire il pattern controller - service - repository per la realizzazione del server del prototipo. Questa scelta è stata presa in quanto è consigliato nello sviluppo del backend con framework Spring Boot. Inoltre il pattern rispetta perfettamente il principio di "Separation Of Concerns". Il pattern prevede la gestione delle entità e delle chiamate alle API attraverso tre strati:

- * **Controller layer:** si trova in cima all'immagine 4.2, è l'unico responsabile della interazione con entità esterne, inoltre gestisce le interfacce REST e invoca lo strato di servizio;
- * **Service layer:** è lo strato tra controller e repository, si occupa della business logic e qualora sia necessario visualizzare, salvare, modificare o eliminare dati allora comunica con lo strato di persistenza;
- * **Repository layer:** si tratta dello strato inferiore dell'architettura, si occupa della gestione dei dati e delle loro modifiche. Lo strato di repository inoltre si occupa della comunicazione e gestione del database.

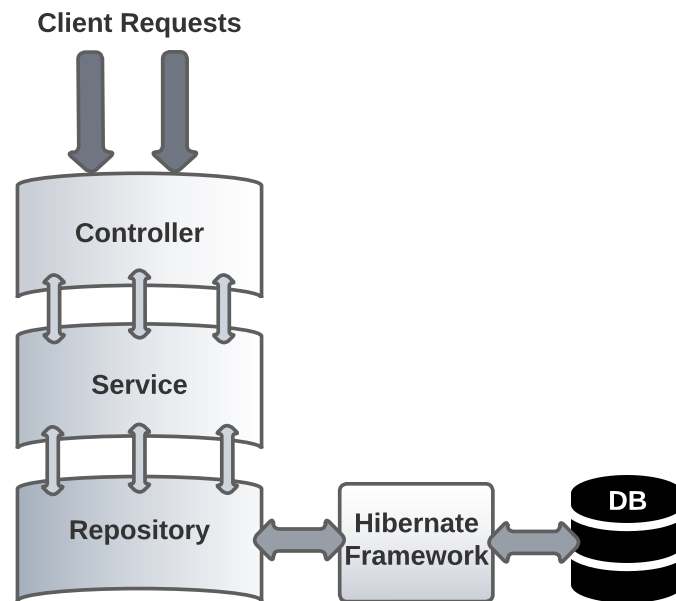


Figura 4.2: Architettura interna backend.

PARLARE E INSERIRE QUI DIAGRAMMA DI SEQUENZA

Entità e relazioni Trattandosi di un gestionale aziendale semplificato, sono previste solo quattro entità principali, queste sono:

- * **Employee:** l'impiegato che può lavorare ad uno o più progetti e in un dipartimento;
- * **Project:** un progetto aziendale a cui partecipano più impiegati;
- * **Site:** si tratta di una sede aziendale, può avere più dipartimenti;
- * **Department:** un dipartimento che appartiene ad una sede.

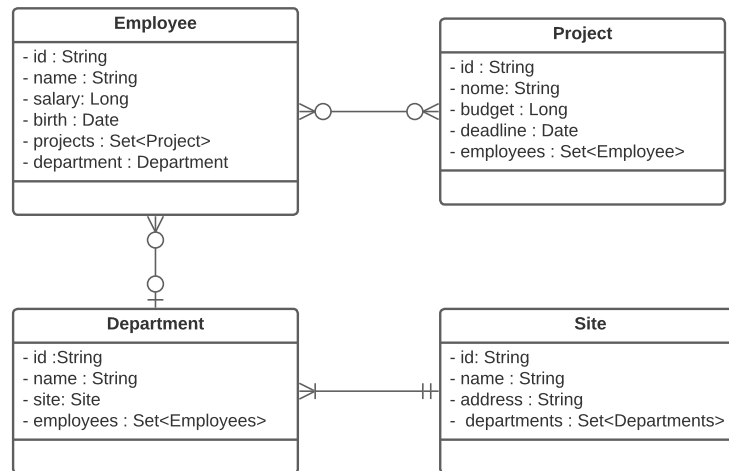


Figura 4.3: Diagramma ER del prototipo.

Ciascuna entità è caratterizzata da i campi presenti in figura 4.3 dove è stato utilizzato il linguaggio UML. Le relazioni presenti tra le varie entità sono:

- * **many to many**: è presente tra Employee e Project, infatti ciascun impiegato può lavorare a più progetti e ciascun progetto può avere più impiegati al quale ci lavorano;
- * **one to many**: è presente tra due coppie di entità:
 - tra Employee e Department, infatti ciascun impiegato può lavorare in uno o nessun dipartimento, mentre ciascun dipartimento può ospitare più impiegati;
 - tra Department e Site, ciascun dipartimento può appartenere esclusivamente ad una sede, mentre ciascuna sede può esser composta da più dipartimenti.

Realizzazione e testing server

Durante la realizzazione viene seguito il percorso inverso rispetto a quanto visto nell'immagine 4.2, infatti la realizzazione avviene partendo dallo strato di persistenza, dunque dalla creazione delle entità e delle repositoryes.

Entità e repository A ciascun entità nel database viene fatta corrispondere una classe in Java. Per questo devono essere realizzate 4 classi rappresentanti le entità Employee, Project, Department e Site.

Ciascuna classe entità implementa la classe *Serializable*, così facendo è possibile serializzare i dati in flussi di byte. La serializzazione viene utilizzata poiché si tratta di dati che dovranno essere memorizzati nel database, dunque è necessario serializzarli poiché abbandonano la Java Virtual Machine. Viene inoltre utilizzato un *serialVersionUID* per attribuire una versione a ciascuna classe di entità serializzabile, necessario per riconoscere quando nella comunicazione con il database o con altri moduli esterni la versione dell'entità risulta differente, si tratta dunque di entità che non corrispondono

totalmente, in quel caso viene ritornato un errore `InvalidClassException`. Le quattro entità descritte quindi nel capitolo 4.1.1 dovranno essere implementate come classi, segue l'esempio dell'implementazione della classe `Employee`:

```
@Entity
@Table(name = "EMPLOYEE")
@Data
@NoArgsConstructor
@AllArgsConstructor
public class Employee implements Serializable {
    private static final long serialVersionUID = 8452515756703751450L;
    @Id
    @GeneratedValue(strategy = GenerationType.IDENTITY)
    private String id;
    private String name;
    private String surname;
    private Long salary;
    private Date birth;
    @ManyToMany
    @JoinTable(name = "EMPLOYEE_PROJECTS", joinColumns = { @JoinColumn(name = "EMPLOYEE_ID")},
        inverseJoinColumns = { @JoinColumn(name = "PROJECT_ID")})
    @JsonIgnore
    private Set<Project> projects = new HashSet<>();
    @ManyToOne
    @JsonBackReference(value = "employee_department")
    private Department department;
}
```

Figura 4.4: Esempio di implementazione dell'entità `Employee` in Spring Boot.

Vengono attribuite alla classe `Employee` diverse annotazioni Spring, tra queste:

- * **@Entity**: si tratta dell'annotazione che permette di mappare la classe `Employee` come una corrispondente tabella nel database. Questa annotazione è resa disponibile dal modulo Spring Data JPA il quale implementa la specifica delle Java Persistence API attraverso Hibernate ORM e permette dunque il mapping della classi con corrispettive entità nel database;
- * **@Table**: questa annotazione permette di specificare il nome della tabella generata o presente nel database durante la sua creazione o aggiornamento;
- * **@Data**: grazie alla libreria *lombok* è possibile, attribuendo alla classe questa annotazione, generare automaticamente tutti i metodi get e set per tutti i campi della classe;
- * **@NoArgsConstructor** e **@AllArgsConstructor**: permettono di generare tutti le combinazioni di costruttori con parametri e quello senza parametri.

Spostando invece il focus sui campi della classe `Employee` in figura 4.4, possiamo notare che il campo `id` ha due annotazioni associate. La annotazione **@Id** permette di specificare nel mapping che si tratta della chiave primaria, mentre l'annotazione **@GeneratedValue** permette di specificare che quando una nuova istanza di una entità viene creata, deve essere generato un nuovo id randomico.

Proseguendo sono presenti tutte le dichiarazioni dei vari campi dati dell'entità `Employee` e infine, troviamo le relazioni che `Employee` ha con le enetità `Project` e `Department`.

Anche in questo caso le annotazioni fornite dalla specifica JPA permettono di specificare nel dettaglio le varie relazioni. Sono dunque presenti le annotazioni:

- * **@ManyToMany** e **@ManyToOne**: queste specificano il tipo di relazione che è presente con le altre entità, sono rispettivamente associate ai campi *projects*, con il quale Employee ha una relazione molti a molti e infine al campo *department*, con il quale Employee ha una relazione molti a uno;
- * **@JoinTable**: è associata al campo *projects*, e poiché le relazioni molti a molti necessitano di una ulteriore tabella per la memorizzazione di tutte le associazioni, questa annotazione permette di specificarne il nome, ovvero *EMPLOYEE-PROJECTS* e i nomi delle due colonne, ovvero *EMPLOYEE-ID* e *PROJECT-ID*;
- * **@JsonIgnore**: associato al campo *projects*, permette di escluderlo dalla serializzazione;
- * **@JsonBackReference**: associato al campo *department*, permette di dare una direzionalità alla relazione molti a uno con Department, fondamentale per evitare il problema della ricorsione infinita (**QUI NON SO SE SPIEGARE**).

Analogamente sono state realizzate le classi corrispondenti alle entità Project, Department e Site.

A questo punto si procede con la realizzazione delle classi repository: ciascuna entità ha una propria repository corrispondente. Dunque viene estesa l'interfaccia **JpaRepository<T, ID>** con T il tipo della entità che si vuole gestire, mentre ID è il tipo della chiave primaria dell'entità T. La repository JPA deriva da diverse interfacce, tra le quali:

- * **CrudRepository<T, ID>**: la quale contiene le API per gestire le classiche operazioni CRUD;
- * **PagingAndSortingRepository<T, ID>**: la quale contiene le API per gestire la pagination e il sorting;

Dunque estendendo la JpaRepository per ciascun tipo è possibile avere a disposizione diversi metodi per eseguire operazioni già implementate come: *findAll*, *count*, *existById*, *SaveAndFlush*, ecc...

Qualora invece si volesse rendere disponibili nuovi metodi è possibile dichiararli nell'estensione della repository, senza necessariamente implementarli, poiché è sufficiente attribuire il nome corretto al metodo. Più specificatamente il nome del metodo corrispondente alla query che si vuole render disponibile è composto da un introduttore che può essere uno tra: *find*, *read*, *query*, *count* o *get*, e successivamente il criterio seguito dalla keyword *By*, quindi ad esempio se si volesse fare una ricerca per salario, è sufficiente dichiarare un metodo chiamato *findBySalary*.

Infine ritroviamo il caso in cui si vuole realizzare una query complessa o personalizzata, in questo caso ci viene in aiuto la annotazione **@Query** alla quale è possibile passare come attributo la query che desideriamo in linguaggio JPQL. Di seguito è possibile visualizzare quanto spiegato nell'implementazione della **EmployeeRepository** in figura 4.5:

```

@Repository
public interface EmployeeRepository extends JpaRepository<Employee, String> {

    1 usage
    List<Employee> findByName(String name);

    1 usage
    List<Employee> findBySurname(String surname);

    1 usage
    List<Employee> findByDepartment_id(Long id);

    1 usage
    @Query("SELECT DISTINCT e FROM Employee e WHERE e.birth BETWEEN ?1 AND ?2")
    List<Employee> findByBornDateRange(@Param("from") Date from, @Param("to") Date to);
}

```

Figura 4.5: Esempio di implementazione della repository di Employee in Spring Boot.

Dunque oltre ai classici metodi di ricerca disponibili già dopo l'estensione dell'interfaccia `JpaRepository<T, ID>`, sono stati realizzati alcuni metodi per la ricerca di impiegati per nome, per cognome e per id di dipartimento in cui lavorano. Infine è stata realizzata una query personalizzata per la ricerca di impiegati nati in un range di date.

Infine è possibile notare in figura 4.5 l'annotazione **@Repository** attribuita all'interfaccia, fondamentale al fine di indicare che la classe fornisce meccanismi per modellare i dati dell'applicativo.

Service Lo strato di servizio è lo strato che si trova tra lo strato di controller e quello di repository, il suo compito è facilitare la comunicazione tra controller e repository e inoltre contiene la business logic dell'applicativo. Per ciascun repository, dunque per ciascuna entità, è stato realizzato un servizio specifico per gestirne le logiche. Al fine di rispettare i principi SOLID della programmazione, per questioni di loose coupling e semplicità nel testing, è stato scelto di implementare il pattern secondo il quale per ogni entità viene realizzata una interfaccia del servizio ed la sua implementazione, come mostrato in figura 4.6 nel caso del servizio per l'entità Employee.

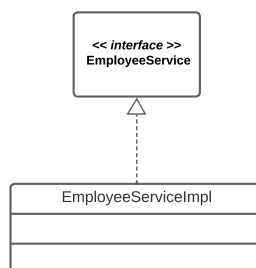


Figura 4.6: Esempio di implementazione dell'interfaccia EmployeeService.

Di seguito, in figura 4.7, viene riportato un esempio di servizio implementato, in questo caso si tratta dell'implementazione del servizio per l'Employee, ovvero della classe **EmployeeServiceImpl**.

```

@Service
@Transactional
public class EmployeeServiceImpl implements EmployeeService{
    @Autowired
    private EmployeeRepository employeeRepository;
    @Override
    public List<Employee> SelAll() { return employeeRepository.findAll(); }
    @Override
    public Optional<Employee> SelById(String id) { return employeeRepository.findById(id); }
    @Override
    public List<Employee> SelByName(String name) { return employeeRepository.findByName(name); }
    @Override
    public List<Employee> SelBySurname(String surname) { return employeeRepository.findBySurname(surname); }
    @Override
    public List<Employee> SelByDepartment(Long id) { return employeeRepository.findByDepartment_id(id); }
    @Override
    public List<Employee> SelByBornInRange(Date from, Date to){...}
    @Override
    public void InsEmployee(Employee employee) { employeeRepository.saveAndFlush(employee); }
    @Override
    public void DelEmployee(Employee employee) { employeeRepository.delete(employee); }
}

```

Figura 4.7: Classe EmployeeServiceImpl.

In figura 4.7 è possibile notare come la classe sia caratterizzata da due annotazioni: l'annotazione **@Service** la quale viene utilizzata per indicare classi che contengono la business logic e viene utilizzata dunque per marcare la classe come service provider, successivamente è presente l'annotazione **@Transactional** la quale

REST API Parte preponderante. Spiego come vengono progettate e infine realizzate le API REST.

Testing BE Come viene realizzato il testing del BE, soprattutto per quanto riguarda il testing dei metodi del controller (API).

Frontend

Piccola spiegazione su perché vengono tralasciati aspetti fondamentali nella realizzazione del frontend (ad es. analisi dell'utente, accessibilità, desing, ecc...), il motivo è che lo scopo del prototipo è imparare come implementare e modificare lo strato di servizio (nel mio caso) frontend per la gestione delle chiamate API al backend (sia in REST che GraphQL) al fine di testarle e di sapersi muovere su SushiLab.

Analisi su funzionalità Breve analisi sul perché fornire nell'interfaccia grafica la possibilità di certe azioni (ad es. visualizzazione tutti employee, ricerca per id, per nome, ecc...). Ovviamente realizzate per permettere l'utilizzo di tutte le chiamate API fornite da back-end, sia in GraphQL che REST. Spiego che il prototipo è prima stato realizzato in REST per poi farne la migrazione in GraphQL

Implementazione FE Come è stato realizzato il FE del prototipo: main components, strato servizio (con chiamate alle API del BE), ecc... Design pattern adottati (ad es. MVC, Dependency Injection, principi SOLID, Singleton, ecc...).

Testing FE Spiegazione su come vengono realizzati i test sulle API call al BE.

4.1.2 Realizzazione e testing con REST API

Spiegazione su come è stato implementato il prototipo.... andranno qui tutti i vari strati di servizio ecc... e API.

4.1.3 Migrazione da REST a GraphQL

Migrazione Backend

Spiego come è stata realizzata la migrazione da REST a GraphQL. Partendo da backend, viene realizzata un'analisi sui tipi necessari da riportare nel GraphQL schema (tipi di input e tipi di ritorno). Successivamente vengono ristrutturare le API rese disponibili in REST (non sempre i metodi dei controller REST corrispondono a quelli GraphQL, oltre a differenze nelle annotazioni, ecc...). Vengono dunque implementati i metodi dei controller GraphQL, soffermarsi sulle difficoltà riscontrate nel mapping dei tipi GraphQL schema con i tipi corrispondenti del BE. Una volta ricostruito tutto il sistema di query GraphQL nel BE e testato, si può passare alla migrazione frontend. Volendo dividere il tutto in subsubsection:

- * analisi sui tipi;
- * ristrutturazione API secondo principi GraphQL;
- * realizzazione API con tool Spring GraphQL (e problemi mapping tipi);
- * testing;

Migrazione Frontend

La migrazione su FE è molto più semplice rispetto al BE, infatti è sufficiente andare ad aggiornare lo strato di servizio, il quale si occupa della gestione della chiamate API al BE. Anche qui si possono riscontrare alcuni problemi per quanto riguarda la corrispondenza dei tipi (ma ho avuto più problemi in SushiLab, qui trascurabile dunque). Volendo dividere il tutto in subsubsection:

- * aggiornamento strato servizio con modulo apollo;

Questo capitoletto conterrebbe tutto, da come costruire la query a seconda di ciò che è necessario, all'eliminazione della parte di gestione delle risorse nel prototipo REST (per questioni di under e overfetching).

4.2 SushiLab

4.2.1 Comprensione dell'applicativo

Breve panoramica su SushiLab, ambito d'uso, funzionalità, ecc...

Panoramica del backend

Panoramica su architettura del backend (sviluppato in Spring), entità e relazioni, business logic, strato di persistenza, test, **API** (Parte preponderante della panoramica sul backend).

Panoramica del frontend

Panoramica su architettura del frontend (sviluppato in Angular), principali components, **strato di servizio** (parte preponderante perché gestisce le chiamate alle API del backend).

4.2.2 Migrazione del BE da REST a GraphQL

Molto simile a quanto scritto per il prototipo nella parte di migrazione adattato alle API specifiche di SushiLab.

4.2.3 Migrazione del FE da REST a GraphQL

Capitolo 5

Analisi comparativa dei protocolli REST e GraphQL

In questo capitolo verrà effettuata un'analisi comparativa approfondita dei protocolli REST e GraphQL.

5.1 Analisi comparativa teorica

Spiegazione di cosa si intende per analisi comparativa teorica: analisi comparativa che va a comparare gli aspetti prettamente teorici, come ad esempio:

- * overfetching e underfetching;
- * un protocollo è una sorta di standard/stile architetturale (restfull api) mentre l'altro un linguaggio di query fortemente tipizzato (REST invece non è safe dal punto di vista dei tipi);
- * come sfruttano il protocollo http (stati risposte http, endpoint multipli vs singolo, ecc...);
- * manutenibilità nel tempo;
- * documentazione (GraphQL si autodocumenta, REST no);
- * meccanismo di caching integrato (mancante in GraphQL);
- * formati output di risposta (GraphQL -> JSON, REST -> JSON, XML, YAML);

5.2 Analisi comparativa sui casi d'uso

Analisi comparativa basata su:

- * differenze nell'analisi e progettazione iniziale delle API;
- * differenze durante lo sviluppo delle API dal punto di vista di BE e FE(anche legate agli strumenti utilizzati ad es. Spring Data REST vs Spring GraphQL);

* differenze prestazionali (utilizzato tool K6 per load test);

Capitolo 6

Tecnologie utilizzate

Capitolo 7

Conclusioni

7.1 Consuntivo finale

7.2 Raggiungimento degli obiettivi

7.3 Conoscenze acquisite

7.4 Valutazione personale

Appendice A

Appendice A

Citazione

Autore della citazione

Bibliografia

Riferimenti bibliografici

James P. Womack, Daniel T. Jones. *Lean Thinking, Second Editon*. Simon & Schuster, Inc., 2010 (cit. a p. [1](#)).

Siti web consultati

Manifesto Agile. URL: <http://agilemanifesto.org/iso/it/> (cit. a p. [1](#)).