

Specifica Tecnica

2024-03-13 — v0.1.1



overture.unipd@gmail.com

Destinatari	Prof. Tullio Vardanega Prof. Riccardo Cardin <i>Zextras</i> <i>Gruppo Overture</i>
Responsabile	Francesco Costantino Bulychov
Redattori	Eleonora Amadori Michele Bettin Riccardo Bonavigo Francesco Costantino Bulychov Riccardo Fabbian Francesco Furno Alex Vedovato
Verificatori	Eleonora Amadori Michele Bettin Riccardo Bonavigo Francesco Costantino Bulychov Riccardo Fabbian Francesco Furno Alex Vedovato

Registro delle modifiche

Versione	Data	Autori	Verificatori	Dettaglio
0.1.1	2024-03-13	Eleonora Amadori	Riccardo Bonavigo	Aggiunta la sezione 'API'.
0.1.0	2024-03-13	Alex Vedovato	Riccardo Fabbian	Migliorata la sezione 'Diagramma delle classi'.
0.0.21	2024-03-12	Michele Bettin	Francesco Furno	Migliorata la sezione 'Database'.
0.0.20	2024-03-10	Francesco Furno	Riccardo Bonavigo	Migliorata la sezione 'Architettura logica'.
0.0.19	2024-03-09	Francesco Costantino Bulychov	Michele Bettin	Aggiunto 'Adapter' all'interno della sezione 'Design pattern utilizzati'.
0.0.18	2024-03-08	Eleonora Amadori	Alex Vedovato	Integrate le tecnologie mancanti.
0.0.17	2024-03-06	Francesco Furno	Francesco Costantino Bulychov	Modifiche dovute alla risoluzione dei problemi rilevati nel colloquio con il Prof. Riccardo Cardin.
0.0.16	2024-03-05	Eleonora Amadori	Francesco Costantino Bulychov	Aggiunto 'Builder' all'interno della sezione 'Design pattern utilizzati'.
0.0.15	2024-03-02	Michele Bettin	Eleonora Amadori	Rimosso 'Chain of Responsibility' dalla sezione 'Design pattern utilizzati'.
0.0.14	2024-03-02	Riccardo Fabbian	Francesco Costantino Bulychov	Aggiunta la sottosezione 'Interfacciamento al database' all'interno della sezione 'Diagramma delle classi'.
0.0.13	2024-03-01	Francesco Furno	Riccardo Bonavigo	Aggiunta la sottosezione 'Gestione delle richieste' all'interno della sezione 'Diagramma delle classi'.
0.0.12	2024-02-29	Eleonora Amadori	Riccardo Bonavigo	Aggiunto 'Chain of Responsibility' all'interno della sezione 'Design pattern utilizzati'.
0.0.11	2024-02-27	Riccardo Fabbian	Eleonora Amadori	Aggiunta la sottosezione 'Ingresso delle richieste nell'applicazione' all'interno della sezione 'Diagramma delle classi'.
0.0.10	2024-02-26	Michele Bettin	Francesco Costantino Bulychov	Aggiunto 'Dependency injection' all'interno della sezione 'Design pattern utilizzati'.
0.0.9	2024-02-24	Eleonora Amadori	Riccardo Bonavigo	Aggiunta la sezione 'Diagramma delle classi'.
0.0.8	2024-02-20	Francesco Costantino Bulychov	Francesco Furno	Aggiunta la sezione 'Database'.

0.0.7	2024-02-20	Alex Vedovato	Riccardo Fabbian	Aggiunta la sezione 'Architettura di deployment'.
0.0.6	2024-02-19	Riccardo Bonavigo, Riccardo Fabbian	Michele Bettin	Aggiunta la sezione 'Architettura logica'.
0.0.5	2024-02-16	Riccardo Bonavigo	Michele Bettin	Aggiunta la sezione 'Tecnologie per il testing'.
0.0.4	2024-02-16	Riccardo Fabbian	Francesco Furno	Aggiunta la sezione 'Tecnologie per l'analisi del codice'.
0.0.3	2024-02-15	Francesco Costantino Bulychov	Riccardo Fabbian	Aggiunta la sezione 'Tecnologie per la codifica'.
0.0.2	2024-02-15	Alex Vedovato	Francesco Furno	Aggiunta la sezione 'Stato dei requisiti funzionali'.
0.0.1	2024-02-12	Riccardo Fabbian, Alex Vedovato	Michele Bettin	Struttura di base del documento e introduzione.

Indice

1) Introduzione	6
1.1) Scopo del documento	6
1.2) Glossario	6
1.3) Riferimenti	6
1.3.1) Riferimenti normativi	6
1.3.2) Riferimenti informativi	6
2) Tecnologie	8
2.1) Tecnologie per la codifica	8
2.1.1) Linguaggi	8
2.1.2) Strumenti e servizi	8
2.1.3) Framework	8
2.1.4) Librerie	8
2.2) Tecnologie per l'analisi del codice	9
2.2.1) Analisi statica	9
2.2.2) Analisi dinamica	9
2.3) Tecnologie per il testing	10
2.3.1) Linguaggi	10
2.3.2) Framework	10
3) API	11
3.1) Jmap (standard)	11
3.2) Jmap (custom)	11
3.2.1) GET	11
3.2.2) POST	11
3.3) Upload	11
3.4) Download	12
4) Architettura	13
4.1) Architettura logica	13
4.2) Architettura di deployment	14
4.2.1) Struttura a monolite vs struttura a microservizi	14
4.2.2) Docker e containerizzazione dell'applicazione	14
4.3) Design pattern utilizzati	16
4.3.1) Dependency injection	16
4.3.2) Adapter	18
4.3.3) Builder	20
4.4) Diagramma delle classi	23
4.4.1) Ingresso delle richieste nell'applicazione	24
4.4.2) Gestione delle richieste	26
4.4.3) Interfacciamento al database	28
4.5) Database	30
4.5.1) Scelta di RethinkDB	30
4.5.2) Funzionalità di RethinkDB	30
4.5.3) Utilizzo di MinIO	30
4.5.4) Conclusioni	32
5) Stato dei requisiti funzionali	33
5.1) Grafici riassuntivi	60

Lista della immagini

Figura 1: Architettura logica del prodotto	13
Figura 2: Diagramma delle classi	23
Figura 3: Modellazione delle componenti che gestiscono l'ingresso delle richieste nell'applicazione	24
Figura 4: Modellazione delle componenti che gestiscono le richieste all'interno dell'applicazione .	26
Figura 5: Modellazione delle componenti che gestiscono l'interfacciamento al database	28
Figura 6: Stato dei requisiti funzionali totali	60
Figura 7: Stato dei requisiti funzionali obbligatori	60
Figura 8: Stato dei requisiti funzionali desiderabili	61
Figura 9: Stato dei requisiti funzionali opzionali	61

Lista delle tabelle

Tabella 1: Linguaggi di programmazione usati per la codifica	8
Tabella 2: Strumenti e servizi usati per la codifica	8
Tabella 3: Framework usati per la codifica	8
Tabella 4: Librerie usate per la codifica	8
Tabella 5: Tecnologie usate per l'analisi statica del codice	9
Tabella 6: Tecnologie usate per l'analisi dinamica del codice	9
Tabella 7: Linguaggi di programmazione usati per il testing	10
Tabella 8: Framework utilizzati per il testing	10
Tabella 9: Stato dei requisiti funzionali	33

1) Introduzione

1.1) Scopo del documento

Lo scopo di questo documento è quello di elencare e motivare le scelte architetturelle che il gruppo Overture ha intrapreso per la realizzazione dell'infrastruttura informatica richiesta. Il documento comprende anche i diagrammi delle classi e dei package al fine di spiegare in maniera più chiara e dettagliata il software sviluppato.

1.2) Glossario

Per evitare ambiguità o incomprensioni riguardanti la terminologia usata nel documento, è stato deciso di adottare un glossario in cui vengono riportate le varie definizioni. In questa maniera in esso verranno riportati tutti i termini specifici del dominio d'uso con relativi significati.

La presenza di un termine all'interno del Glossario viene indicata applicando [questo stile](#).

1.3) Riferimenti

1.3.1) Riferimenti normativi

- Norme di Progetto v1.0.0:
https://overture-unipd.github.io/docs/rtb/interni/norme_di_progetto_v1.0.0.pdf
- **PD2 - Regolamento del progetto didattico**
<https://www.math.unipd.it/~tullio/IS-1/2023/Dispense/PD2.pdf>
- **Capitolato d'appalto C8: JMAP**, il nuovo protocollo standard per la comunicazione email
<https://www.math.unipd.it/~tullio/IS-1/2023/Progetto/C8.pdf>

1.3.2) Riferimenti informativi

- Glossario v1.0.0:
https://overture-unipd.github.io/docs/rtb/interni/glossario_v1.0.0.pdf
- Analisi dei Requisiti v1.1.0:
https://overture-unipd.github.io/docs/rtb/esterni/analisi_dei_requisiti_v1.1.0.pdf
- Progettazione: le dipendenze fra le componenti, Prof. Riccardo Cardin
<https://www.math.unipd.it/~rcardin/swear/2023/Object-Oriented%20Programming%20Principles%20Revised.pdf>
- Progettazione e programmazione: diagrammi delle classi (UML), Prof. Riccardo Cardin
<https://www.math.unipd.it/~rcardin/swear/2023/Diagrammi%20delle%20Classi.pdf>
- Progettazione: i *pattern* architetturelle, Prof. Riccardo Cardin
<https://www.math.unipd.it/~rcardin/swear/2022/Software%20Architecture%20Patterns.pdf>
- Progettazione: il *pattern Dependency Injection*, Prof. Riccardo Cardin
<https://www.math.unipd.it/~rcardin/swear/2022/Design%20Pattern%20Architetturelle%20-%20Dependency%20Injection.pdf>
- Progettazione *software* (T6), Prof. Tullio Vardanega
<https://www.math.unipd.it/~tullio/IS-1/2023/Dispense/T6.pdf>
- Progettazione: i *pattern* creazionali (GoF), Prof. Riccardo Cardin
<https://www.math.unipd.it/~rcardin/swear/2022/Design%20Pattern%20Creazionali.pdf>
- Progettazione: i *pattern* strutturali (GoF), Prof. Riccardo Cardin
<https://www.math.unipd.it/~rcardin/swear/2022/Design%20Pattern%20Strutturali.pdf>
- Progettazione: i *pattern* di comportamento (GoF), Prof. Riccardo Cardin
https://www.math.unipd.it/~rcardin/swear/2021/Design%20Pattern%20Comportamentali_4x4.pdf

-
- Programmazione: SOLID *programming*, Prof. Riccardo Cardin
https://www.math.unipd.it/~rcardin/swea/2021/SOLID%20Principles%20of%20Object-Oriented%20Design_4x4.pdf

2) Tecnologie

In questa sezione vengono elencate tutte le tecnologie utilizzate per l'implementazione del prodotto richiesto dal capitolato.

2.1) Tecnologie per la codifica

2.1.1) Linguaggi

Nome	Versione	Descrizione
Java	21 LTS	Linguaggio di programmazione ad alto livello, orientato agli oggetti e a tipizzazione statica. Fortemente consigliato dall'azienda proponente Zextras dato che è il linguaggio principale nello stack tecnologico di Carbonio.

Tabella 1: Linguaggi di programmazione usati per la codifica

2.1.2) Strumenti e servizi

Nome	Versione	Descrizione
Docker	25.0.0	Strumento di containerizzazione richiesto esplicitamente dall'azienda proponente. Ogni contenitore viene eseguito in modo isolato dagli altri. Si integra facilmente con Gradle tramite un plugin.
Docker-compose	2.24.0	Strumento di containerizzazione utilizzato per la definizione di servizi multi-container. Semplifica la gestione e la scalabilità delle applicazioni.
RethinkDB	2.4.4	Database NoSQL che supporta subqueries e changefeed. Facilita la gestione e le conversioni degli oggetti Json e consente di rappresentare facilmente dati complessi e annidati.
Gradle	8.6	Strumento di automazione della build e di gestione delle dipendenze, progettato per la compilazione, il testing e la distribuzione di progetti software. Utilizza un linguaggio DSL basato su Groovy o Kotlin e supporta la build incrementale.
Caddy	2.7.0	Web server open-source che converte il traffico da HTTP a HTTPS. Si distingue per la sua facilità d'uso, configurazione automatizzata e supporto nativo per HTTPS. Necessario in quanto richiesto dai client.
MinIO	Release 2024-01-31	Server open-source progettato per implementare l'archiviazione di oggetti in modo scalabile e distribuito.

Tabella 2: Strumenti e servizi usati per la codifica

2.1.3) Framework

Nome	Versione	Descrizione
Spark	2.9.4	Lightweight framework open-source per lo sviluppo di applicazioni web in Java. Ideale per progetti agili che cercano di mantenere la complessità sotto controllo.

Tabella 3: Framework usati per la codifica

2.1.4) Librerie

Nome	Versione	Descrizione
Java JMAP iNPUTmice Library	0.8.18	Libreria consigliata dall'azienda proponente che sincronizza i dati tra client e server utilizzando il JSON Meta Application Protocol. Definisce classi per ogni operazione possibile, funzioni per operare su di esse e conversioni da e verso Json.

Tabella 4: Librerie usate per la codifica

2.2) Tecnologie per l'analisi del codice

2.2.1) Analisi statica

Nome	Versione	Descrizione
Compilatore Java	JDK 21	Traduce il codice sorgente scritto in linguaggio di programmazione Java in un formato eseguibile, generalmente chiamato bytecode Java. Il bytecode Java può essere eseguito da una macchina virtuale Java (JVM) su qualsiasi piattaforma che abbia una JVM disponibile, rendendo il codice Java altamente portabile.
Spotless	6.23.3	Plugin Gradle open-source utilizzato per applicare automaticamente le convenzioni di formattazione del codice a progetti Java. Garantisce che il codice sorgente sia formattato secondo regole specifiche, migliorandone la leggibilità e la manutenibilità.

Tabella 5: Tecnologie usate per l'analisi statica del codice

2.2.2) Analisi dinamica

Nome	Versione	Descrizione
Junit	5.9.3	Framework open source per l'automazione di unit testing per il linguaggio di programmazione Java. Offre un ambiente di sviluppo strutturato per la scrittura dei test, consentendo agli sviluppatori di verificare il comportamento delle singole unità di codice in modo efficiente e affidabile.
Mockito	5.1.1	Framework open source di testing per il linguaggio di programmazione Java. È utilizzato per la creazione, configurazione e gestione di oggetti mock nei test di unità. Consente agli sviluppatori di simulare il comportamento di oggetti reali durante l'esecuzione dei test.
TestContainers	1.19.3	Framework open source che fornisce un'interfaccia per l'integrazione di container Docker nelle attività di testing. È particolarmente utile per lo sviluppo di test di integrazione che coinvolgono componenti dipendenti come database o qualsiasi altro servizio che può essere eseguito in un container Docker.

Tabella 6: Tecnologie usate per l'analisi dinamica del codice

2.3) Tecnologie per il testing

2.3.1) Linguaggi

Nome	Versione	Descrizione
Python	3.12.1	Linguaggio di programmazione ad alto livello, interpretato e general-purpose. È noto per la sua sintassi chiara e leggibile, che lo rende molto adatto per sviluppare rapidamente script e applicazioni.

Tabella 7: Linguaggi di programmazione usati per il testing

2.3.2) Framework

Nome	Versione	Descrizione
Locust	2.23.1	Framework open source di testing di carico e stress delle applicazioni. È scritto in Python e permette agli sviluppatori di scrivere test di carico simulando il comportamento di migliaia di utenti concorrenti.
Postman	10.22	Strumento di collaborazione per lo sviluppo di API. In particolare ne semplifica i processi di sviluppo, test e documentazione. Consente la creazione di richieste HTTP personalizzate.

Tabella 8: Framework utilizzati per il testing

3) API

Nel contesto del nostro progetto, le API costituiscono il principale punto di accesso attraverso il quale i client possono interagire con il sistema.

Di seguito vengono esaminate le diverse API fornite all'interno del nostro prodotto; ciascuna di esse è soggetta a verifica attraverso il filtro di autenticazione `authenticate`, `/api/*`, che viene eseguito prima di procedere con l'effettiva gestione della richiesta.

3.1) Jmap (standard)

Questo endpoint è standard ed è definito all'interno della specifica di JMAP. Esegue il redirect all'endpoint JMAP da noi definito.

- **Endpoint:** `/well-known/jmap`;
- **Metodo HTTP:** GET;
- **Ritorno:** null.

3.2) Jmap (custom)

Questo endpoint custom funziona in due modi: GET e POST, entrambi autenticati.

3.2.1) GET

Il metodo GET consente di ricevere l'oggetto `session` definito dallo standard.

- **Endpoint:** `/api/jmap`;
- **Metodo HTTP:** GET;
- **Ritorno:** oggetto `session`.

-> TO FIX: tabella

Esito	Codice HTTP	Descrizione
Positivo	200: OK	
Negativo	401: Unauthorized	Le credenziali inserite sono errate.
Negativo	500: Internal Server Error	

3.2.2) POST

Il metodo POST consente di inoltrare "metodi" JMAP, così definiti dallo standard.

- **Endpoint:** `/api/jmap`;
- **Metodo HTTP:** POST;
- **Ritorno:** risposta dei metodi JMAP inviati.

-> TO FIX: tabella

Esito	Codice HTTP	Descrizione
Positivo	200: OK	
Negativo	401: Unauthorized	Le credenziali inserite sono errate.
Negativo	500: Internal Server Error	

3.3) Upload

Upload è un endpoint di tipo di tipo REST che consente di caricare un allegato dal database MinIO. Rappresenta una richiesta autenticata.

- **Endpoint:** `/api/upload`;
- **Metodo HTTP:** GET;

- **Ritorno:** stringa JSON che rappresenta l'oggetto appena caricato.

-> TO FIX: tabella

Esito	Codice HTTP	Descrizione
Positivo	200: OK	Il download ha successo e i dati richiesti sono stati inviati correttamente al client.
Negativo	401: Unauthorized	Le credenziali inserite sono errate.
Negativo	500: Internal Server Error	Si è verificato un errore imprevisto durante il download.

3.4) Download

Download è un endpoint di tipo REST che consente di scaricare un allegato dal database MinIO. Rappresenta una richiesta autenticata.

- **Endpoint:** /api/download;
- **Metodo HTTP:** GET;
- **Ritorno:** octet stream (byte).

-> Error 401 alla fine è solo uno?

Esito	Codice HTTP	Descrizione
Positivo	200: OK	Il download ha successo e i dati richiesti sono stati inviati correttamente al client.
Negativo	401: Unauthorized	Le credenziali inserite sono errate.
Negativo	500: Internal Server Error	Si è verificato un errore imprevisto durante il download.

4) Architettura

La descrizione dell'architettura del prodotto adotta un approccio top-down, partendo dalla struttura generale per poi scendere nel dettaglio.

4.1) Architettura logica

Nell'architettura logica che abbiamo scelto di adottare, il server di posta è organizzato in un modello esagonale che riflette una suddivisione chiara delle responsabilità e delle funzionalità delle varie componenti, andando a porre al centro la business logic, la quale non andrà così a dipendere da altre parti del sistema riguardanti, per esempio, logiche di persistenza.

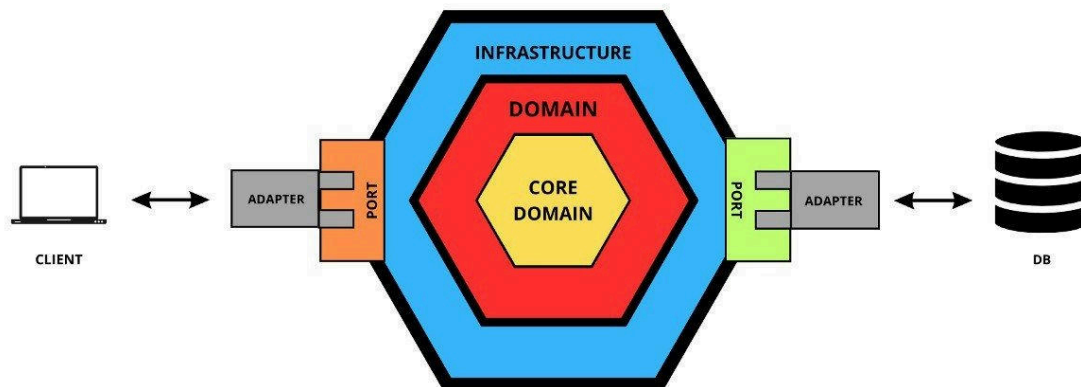


Figura 1: Architettura logica del prodotto

All'esterno dell'esagono, in entrata, è presente una componente dedicata alla gestione delle richieste provenienti dai client, fornendo un'interfaccia per l'ingresso di quest'ultime nel sistema. Questa classe è responsabile di definire molteplici rotte utilizzando il framework Spark per poi far entrare nell'infrastruttura le richieste attraverso specifiche porte. È il punto di contatto tra il server di posta elettronica e il mondo esterno, quindi i client che interagiscono con il nostro prodotto.

A questo punto i vari controller andranno a effettuare i controlli relativi all'application logic del nostro prodotto, garantendo che le richieste siano conformi allo standard, eseguendo una prima validazione dei dati. Nel caso in cui la libreria fallisse la conversione da JSON a oggetto, una determinata richiesta non verrà portata a termine prima ancora di raggiungere la business logic del prodotto.

Al centro dell'esagono risiede poi la business logic del server di posta elettronica. Questa è la parte centrale del sistema, dove avviene l'elaborazione delle richieste in arrivo. Qui si trovano quindi le implementazioni delle funzionalità come la gestione delle email o la gestione delle caselle di posta, oltre a tutti gli oggetti della libreria specifici del dominio del nostro prodotto. La business logic costituisce il cuore del server di posta elettronica, garantendo il corretto funzionamento del sistema e la coerenza delle operazioni svolte.

Infine, all'esterno dell'esagono, in uscita, troviamo l'insieme di componenti che si occupano dell'interfacciamento con il database. Queste classi hanno il ruolo di gestire la persistenza dei dati necessari per il funzionamento del sistema, inclusi salvataggio delle email, memorizzazione delle cartelle, persistenza degli account e così via. Assicurano che i dati vengano salvati e recuperati in modo affidabile ed efficiente.

L'adozione di questa architettura esagonale favorisce una gestione modulare e scalabile del server di posta elettronica. Ogni componente svolge un ruolo specifico e ben definito, facilitando la manutenzione, l'aggiornamento e l'espansione del sistema nel tempo. Inoltre, la chiara separazione delle re-

sponsabilità e delle funzionalità promuove la testabilità del sistema, consentendo una maggiore fiducia nella robustezza e nella stabilità complessiva del prodotto.

Un grande vantaggio di questa architettura è la facilità nel cambiare, per esempio, il database sottostante. Supponendo infatti che si voglia aggiornare il sistema di persistenza dei dati, grazie alla netta separazione delle componenti e all'interfacciamento ben definito con il database è relativamente semplice farlo senza dover apportare modifiche significative al resto del sistema. Questa flessibilità consente di adattare il server di posta elettronica alle esigenze future e alle evoluzioni tecnologiche, garantendo una maggiore longevità e versatilità del prodotto.

4.2) Architettura di deployment

4.2.1) Struttura a monolite vs struttura a microservizi

Dal momento in cui il prodotto software che dobbiamo andare a realizzare ha lo scopo di fornire una implementazione per un nuovo protocollo, per poi successivamente testarne le performance con degli stress test, la scelta di un'architettura a monolite rispetto che ad altre, come quella a microservizi, è motivata da una vasta gamma di fattori.

Prima di tutto, come detto prima, il software non necessiterà di particolari espansioni future, una volta forniti i risultati degli stress test essa verrà utilizzata dal committente per effettuare ulteriori test o al massimo per osservare come abbiamo implementato certe funzionalità di jmap nel caso volessero integrarle nei loro sistemi.

Fatte queste premesse, l'approccio monolitico è quindi preferito per la sua rapidità e semplicità. L'applicazione è destinata ad essere di dimensioni limitate e a svolgere un compito specifico, il team dunque intende semplificare lo sviluppo senza la necessità di gestire la complessità aggiuntiva introdotta da un'architettura a microservizi.

Inoltre, in un progetto dove il team di sviluppo ha un'esperienza di programmazione scarsa e necessita di modificare e correggere continuamente alcune parti del software, l'architettura monolitica risulta essere più gestibile in quanto permette di semplificare il processo di sviluppo riducendo la necessità di coordinazione tra diversi servizi, come richiesto dalle architetture a microservizi.

4.2.1.1) Conclusioni

L'architettura monolitica è raccomandata per applicazioni semplici e per prototipi, semplificando lo sviluppo senza la necessità di integrare molteplici servizi. D'altra parte l'architettura a microservizi si adatta meglio a sistemi complessi offrendo un'aggiunta flessibile di nuove funzionalità.

Per la scelta dell'architettura è anche fondamentale conoscere le competenze generali del team di sviluppo. Per lo sviluppo con i microservizi sono generalmente essenziali conoscenze tecniche specifiche riguardanti cloud, API e containerizzazione.

In secondo luogo la scelta dell'architettura è anche condizionata dall'infrastruttura con cui si ha a che fare: le applicazioni monolitiche operano su un singolo server, i microservizi traggono maggiore beneficio dall'ambiente cloud, offrendo scalabilità e distribuzione.

Per concludere, il team *Overture* riconosce i vantaggi che alcune architetture più complesse, come quella a microservizi, porterebbero sicuramente al prodotto sviluppato, ma per una serie di ragioni legate alla complessità intrinseca delle architetture stesse riteniamo che nel nostro scenario i vantaggi non coprano assolutamente gli sforzi e i tempi necessari nel presente per adottare queste architetture. Per questo abbiamo optato per una architettura monolitica.

4.2.2) Docker e containerizzazione dell'applicazione

L'uso della containerizzazione nell'ambito dell'architettura di deployment è considerato interessante per i seguenti motivi (i quali ci hanno fatto comprendere il motivo per cui il committente aveva inserito la containerizzazione dell'applicazione come requisito obbligatorio):

- Portabilità: i container forniscono un ambiente isolato che include tutte le dipendenze. Questo rende l'applicazione altamente portabile tra diversi ambienti, eliminando le preoccupazioni legate alle differenze di configurazione tra i sistemi di sviluppo e produzione.
- Consistenza: la containerizzazione garantisce che l'applicazione venga eseguita in un ambiente consistente, indipendentemente dalla macchina host. Ciò riduce i problemi legati a differenze di configurazione tra le diverse fasi di sviluppo e deployment, migliorando la coerenza del processo.
- Scalabilità: i container sono leggeri e possono essere avviati rapidamente. Questo facilita la scalabilità orizzontale, consentendo l'esecuzione di più istanze di un'applicazione su più container.
- Gestione delle risorse: i container condividono il kernel del sistema operativo host, riducendo l'overhead rispetto a soluzioni di virtualizzazione tradizionali. Ciò consente di utilizzare in modo più efficiente le risorse hardware, riducendo i costi e migliorando le prestazioni complessive del sistema.

Complessivamente, la containerizzazione offre numerosi vantaggi nell'ambito dell'architettura di deployment, migliorando l'efficienza, la portabilità e la gestione delle applicazioni.

4.2.2.1) Come lo abbiamo utilizzato noi

Se andiamo sulla cartella root del nostro progetto noteremo che c'è un file chiamato "docker-compose.yml". Questo definisce una configurazione di Docker Compose per orchestrare i container di tre servizi diversi: web server, database e caddy.

Il servizio web server è attivato mediante l'immagine custom `overture-unipd/jmap:latest` ricavata dall'immagine di base `openjdk:21-jdk-slim` e esposta nella porta 8000.

Il servizio di database è creato mediante l'immagine `rethinkdb:2.4.2-bullseye-slim` disponibile direttamente sul repository pubblico al seguente link https://hub.docker.com/_/rethinkdb mappando le porte 9000, 29015 e 28015 del container con rispettivamente le porte 8080, 29015 e 28015 dell'host e configurando i volumi in modo tale da consentire la persistenza dei dati del database tra le esecuzioni del container.

Il servizio di caddy invece lo attiviamo con l'immagine custom `overture-unipd/caddy:latest` ricavata dall'immagine di base `caddy:latest` ma integrata con il plugin per Duck DNS. Anche qui vengono mappate le porte 80 e 443 del container con quelle dell'host e vengono configurati i volumi Docker per condividere dati tra il container e l'host, ad esempio per persistere i dati del server web Caddy e per fornire un file di configurazione Caddy personalizzato.

Si nota che tutti i volumi che i servizi montano, sono riportati alla fine del file "docker-compose.yml" dopo il record `volumes`.

4.3) Design pattern utilizzati

4.3.1) Dependency injection

4.3.1.1) Motivazioni e studio del design pattern

In qualsiasi progetto non banale, quindi costituito da un numero di componenti considerevole, risulta fondamentale la gestione e quindi la minimizzazione delle dipendenze. Questo non tanto nel momento in cui si sviluppa il codice, ma più nella fase di manutenzione o implementazione di nuove features nel momento in cui il software è già in produzione. Lo scopo di questo design pattern è quindi quello di separare il comportamento di un componente dalla risoluzione delle sue dipendenze con l'obiettivo di semplificare l'albero delle dipendenze. Se tale albero diventa troppo complesso (aggiungendo debito tecnico) si ha una situazione in cui ogni componente del progetto dipende da altri, facendo sì che una modifica a quest'ultimo comporti delle modifiche a cascata di tutti gli altri componenti.

4.3.1.2) Implementazione del design pattern

Il gruppo di progetto ha deciso di implementare il pattern dependency injection con il framework Guice. Semplicemente, Guice ci permette di realizzare questo design pattern evitando di scrivere tutto il boilerplate code necessario se lo implementassimo con il metodo tradizionale senza l'utilizzo di strumenti esterni. In parole povere, Guice allevia la necessità di avere componenti factories nel proprio codice e di usare la parola chiave new per ogni oggetto che si vuole costruire. Il costrutto @Inject di Guice è il nuovo new di Java. Bisognerà comunque implementare delle classi factories in certi casi, ma il codice non dipenderà direttamente da esse e il codice risultante sarà più facile da modificare, da testare e da riutilizzare.

4.3.1.2.1) Concetti principali di Guice ed esempio di utilizzo

Dependency Injection è un pattern dove le classi dichiarano le loro dipendenze come argomenti al posto di creare oggetti legati a queste dipendenze direttamente al loro interno. Ad esempio, un client che vorrebbe chiamare un servizio non dovrebbe sapere come costruire questo servizio, ma al contrario, del codice esterno deve essere responsabile per fornire questo servizio al client.

4.3.1.2.1.1) Costruttore @Inject

Tutte le classi di Java che sono annotate con @Inject possono essere chiamate da Guice tramite un processo di "constructor injection", dove ogni argomento viene creato e fornito da Guice stesso. Questo è un esempio di classe demo che usa il "constructor injection":

```
class Saluto {
    private final String messaggio;
    private final int conta;

    // La classe Saluto dichiara che necessita di una stringa per il messaggio
    // e un intero che rappresenta il numero di volte che un messaggio è
    // stampato.
    // L'annotazione @Inject segna il costruttore come istanziabile da Guice.
    @Inject
    Saluto(@Messaggio String messaggio, @Conta int conta) {
        this.messaggio = messaggio;
        this.conta = conta;
    }
}
```



```
...  
}
```

La classe Saluto ha un costruttore che è chiamato quando l'applicazione chiede a Guice di istanziare un oggetto Saluto. Guice creerà i due argomenti richiesti e invocherà il costruttore. Le dipendenze, che sono gli argomenti da passare al costruttore, sono noti a Guice grazie ai cosiddetti: Moduli, che soddisfano queste dipendenze.

4.3.1.2.1.2) Moduli di Guice

I moduli sono dei costrutti di Guice che permettono di soddisfare le dipendenze richieste dal costruttore di una classe. Questo è fatto grazie alla creazione di una classe (il modulo appunto) che specifica come soddisfare tali dipendenze automaticamente. Ecco un esempio di modulo che soddisfa le dipendenze della classe Saluto:

```
import com.google.inject.Provides;  
  
class DemoModulo extends AbstractModule {  
    @Provides  
    @Conta  
    static Integer fornisciConta() {  
        return 3;  
    }  
  
    @Provides  
    @Messaggio  
    static String fornisciMessaggio() {  
        return "hello world";  
    }  
}
```

4.3.1.2.1.3) Utilizzo

Incapsulando il codice precedente in una classe apposita di demo ecco come possiamo usare l'infrastruttura creata per testare la potenza di Guice:

```
public static void main(String[] args) {  
    /*  
     * Guice.createInjector() prende uno o più moduli e ritorna una nuova istanza di  
    Inject.  
    */  
    Injector injector = Guice.createInjector(new DemoModulo());  
  
    /*  
     * Ora che abbiamo l'injector possiamo creare un istanza della classe Saluto.  
    */  
    Saluto saluto = injector.getInstance(Saluto.class);  
  
    // Stampa "hello world" 3 volte nella console.  
    greeter.diciCiao();  
}
```

4.3.1.3) Integrazione del pattern

Per vedere come abbiamo utilizzato Guice nel nostro progetto, basta prendere una classe che ha un costruttore, come la classe AccountImpl.

```
@Inject
AccountImpl(Connection conn) {
    this.conn = conn;
}
```

Notiamo che il costruttore della classe dichiara delle dipendenze tra la classe `AccountImpl` e la classe `Connection`.

Il costruttore è marchato con l'annotazione `@Inject` per denotare che Guice sarà responsabile di fornire un'istanza di `Connection` quando si vorrà creare un'istanza di `AccountImpl`.

La configurazione di del modulo Guice è fatta su un'altra file: `Init.java` che si occupa di soddisfare le dipendenze necessarie per la classe `connection` con il costrutto `Injector`.

```
Injector injector = Guice.createInjector(
    new DatabaseModule(),
    new WebserverModule(),
);
```

Nel momento in cui si volesse ottenere un'istanza di `AccountImpl` basterà chiamare il metodo `getInstance` cono l'oggetto `injector` creato precedentemente:

```
Injector injector = Guice.createInjector(/* ... */);
AccountImpl accountImpl = injector.getInstance(AccountImpl.class);
```

Con l'`injector` creato utilizzando Guice, è possibile ottenere un'istanza di `AccountImpl`. Guice si occuperà di soddisfare le dipendenze necessarie, come la `Connection`, iniettandole automaticamente nel costruttore di `AccountImpl`.

In generale, l'utilizzo di Guice semplifica la gestione delle dipendenze nel codice, separando la creazione delle istanze delle classi e la gestione delle dipendenze in un framework esterno, e viene integrato nel nostro prodotto per la maggioranza delle classi dotate di costruttore con delle dipendenze. Ciò rende il codice più modulare, facilitando la manutenzione e il testing.

4.3.2) Adapter

4.3.2.1) Motivazioni e studio del design pattern

Dato che abbiamo scelto di adottare un'architettura esagonale, diventa essenziale integrare il pattern adapter nel nostro sistema. Questo pattern svolge un ruolo fondamentale come interfaccia tra l'architettura esagonale e le componenti esterne, facilitando una collaborazione armoniosa all'interno dell'intero sistema. Grazie all'adapter siamo in grado di mantenere coerenza e indipendenza tra i vari moduli dell'architettura, garantendo al contempo un'integrazione senza problemi delle componenti esterne. Inoltre, questo approccio ci consente di mettere al centro del progetto la business logic, concentrandoci sulle funzionalità principali senza essere intralciati dalle complessità delle componenti esterne. Con adapter infatti possiamo trasformare le interfacce delle componenti esterne per adattare alle nostre esigenze specifiche all'interno dell'architettura esagonale in maniera estraamente agevole.

4.3.2.2) Implementazione del design pattern

Per l'implementazione di questo pattern abbiamo scelto di sviluppare internamente il codice necessario, evitando l'utilizzo di librerie o framework esterni, in modo da avere il controllo completo sul comportamento dell'adapter e poterlo personalizzare in base alle esigenze del progetto.

4.3.2.2.1) Utilizzo

Per ogni componente esterna con cui interagire abbiamo definito una o più porte di accesso al sistema, che altro non sono che una serie di interfacce contenenti i metodi necessari per comunicare con l'ar-

chitettura esagonale, permettendo dunque l'isolamento della business logic. Successivamente, abbiamo definito una classe che implementi l'interfaccia dell'adapter, incaricata di adattare l'interfaccia delle componenti esterne a quella dell'architettura. All'interno di questa classe viene implementata la logica necessaria per convertire gli oggetti tra le due interfacce. Infine, l'adapter viene utilizzato all'interno dell'architettura esagonale per gestire la comunicazione con le componenti esterne.

4.3.2.3) Integrazione del pattern

Per una migliore comprensione dell'integrazione del pattern adapter nel nostro prodotto, possiamo esaminare una qualsiasi delle componenti esterne all'esagono insieme alla sua porta associata. Prendiamo ad esempio la classe EmailRepository e la relativa porta di accesso al sistema EmailPort:

```
public interface EmailPort {
    Email get(String id);
    Map<String, Email> getOf(String accountid);
    void insert>Email email);
    void replace>Email email);
    void delete(String id);
}
```

Partendo dalla porta, si vede facilmente come essa sia una semplice interfaccia che espone i metodi necessari per svolgere le classiche operazioni CRUD nel database riguardanti le email. Essa fornisce quindi un'astrazione per consentire la gestione delle email nel database, la quale può essere utilizzata dalle classi di business senza che quest'ultime debbano preoccuparsi dei dettagli di implementazione sottostanti.

```
public class EmailRepository implements EmailPort {
    private final RethinkDB r = RethinkDB.r;
    private Connection conn;
    private Gson gson;

    @Inject
    EmailRepository(Connection conn, Gson gson) {
        this.conn = conn;
        this.gson = gson;
    }

    @Override
    public Email get(String id) {
        String res = r.table("email")
            .get(id)
            .toJson()
            .run(conn)
            .single()
            .toString();
        return gson.fromJson(res, Email.class);
    }

    @Override
    public Map<String, Email> getOf(String accountid) {
        ...
    }

    @Override
    public void insert>Email email) {
        r.table("email")
            .insert(gson.toJson(email))
    }
}
```

```
.run(conn);  
}  
  
@Override  
public void replace>Email email) {  
    ...  
}  
  
@Override  
public void delete(String id) {  
    ...  
}  
}
```

La classe `EmailRepository` fornisce poi un'implementazione concreta dei metodi definiti nell'interfaccia sopra menzionata. Attualmente utilizziamo `RethinkDB` come database per eseguire tali operazioni, ma questa scelta non ha alcun impatto sulle classi di business. Pertanto, nel caso in cui decidessimo di cambiare il sistema di persistenza in futuro, sarebbe sufficiente aggiornare questa classe. I metodi infatti operano tramite oggetti di business passati come argomenti, tipo `Email`, consentendo di mantenere l'indipendenza dalle logiche di persistenza del prodotto.

In conclusione, quando ci troviamo ad interagire con componenti esterne adottiamo sempre adapter di questo tipo, basandoci sugli oggetti di business in modo che rimangano al centro di ogni operazione. Le porte permettono di definire un'interfaccia chiara e stabile per l'interazione con il mondo esterno, consentendo così una facile sostituzione o aggiornamento delle implementazioni sottostanti. D'altra parte, le loro implementazioni forniscono il collegamento reale tra l'esagono e i servizi esterni, gestendo dunque la logica di adattamento.

4.3.3) Builder

4.3.3.1) Motivazioni e studio del design pattern

Builder è uno dei design pattern creazionali più noti e utilizzati. Questo pattern è progettato per semplificare la creazione di oggetti complessi con molti attributi, guidando il processo di costruzione attraverso una serie di passaggi definiti tramite una catena di metodi. La sua principale utilità risiede nel separare la logica di costruzione di un oggetto complesso dalla sua rappresentazione, permettendo così di creare diverse rappresentazioni dello stesso oggetto mediante lo stesso processo di costruzione. La scelta di adottare il pattern builder da parte dello sviluppatore della libreria da noi utilizzata è quindi più che comprensibile, in quanto migliora l'organizzazione del processo di creazione degli oggetti e contribuisce a rendere il codice più leggibile, modulare e manutenibile.

4.3.3.2) Implementazione del design pattern

Il creatore della libreria ha saggiamente scelto di non implementare direttamente il pattern, bensì ha preferito affidarsi a `Lombok`, una libreria Java che offre una serie di annotazioni e strumenti per semplificare lo sviluppo riducendo la quantità di codice boilerplate che è necessario scrivere. `Lombok` semplifica l'implementazione del pattern builder introducendo l'annotazione `@Builder`, la quale, se applicata a una classe, farà sì che, quando si compila il codice, venga generato automaticamente un builder interno per quella classe da parte della libreria. Questo builder consente di creare un'istanza della classe in questione in modo fluente, impostando i valori dei campi desiderati uno per uno.

4.3.3.2.1) Utilizzo

Vediamo quindi come lo sviluppatore della libreria utilizza Lombok per implementare il design pattern builder, prendendo come esempio la classe SessionResource:

```
package rs.ltt.jmap.common;

import java.util.Collection;
import java.util.Map;
import lombok.*;
import rs.ltt.jmap.common.entity.Account;
import rs.ltt.jmap.common.entity.AccountCapability;
import rs.ltt.jmap.common.entity.Capability;

@Builder
@Getter
@ToString
public class SessionResource {

    private String username;
    private String apiUrl;
    private String downloadUrl;
    private String uploadUrl;
    private String eventSourceUrl;
    @Singular private Map<String, Account> accounts;

    ...

    public static class SessionResourceBuilder {
        public SessionResourceBuilder capabilities(
            Map<Class<? extends Capability>, Capability> capabilities) {
            for (Map.Entry<Class<? extends Capability>, Capability> entry :
                capabilities.entrySet()) {
                final Class<? extends Capability> key = entry.getKey();
                final Capability value = entry.getValue();
                if (key != value.getClass()) {
                    throw new IllegalArgumentException(
                        String.format(
                            "key %s does not match value type %s", key,
value.getClass()));
                }
            }
            this.capabilities = capabilities;
            return this;
        }
    }
}
```

L'esempio illustra l'ampio utilizzo di Lombok nel codice. La classe SessionResource è marcata con l'annotazione @Builder, che genera automaticamente un builder per la classe stessa. Inoltre, in questo caso particolare, viene anche definito il metodo capabilities() all'interno della classe SessionResourceBuilder, il quale serve a impostare le capacità della sessione. In altri casi, invece, viene utilizzata soltanto l'annotazione @Builder.

Volendo, esaminando ulteriormente il codice della libreria, è possibile trovare altri esempi di utilizzo, poiché Lombok viene impiegato per la definizione di un builder per praticamente ogni oggetto.

4.3.3.3) Integrazione del pattern

Per andare a vedere come abbiamo integrato questo pattern nel nostro prodotto si può spaziare nelle varie classi che compongono la business logic di quest'ultimo, infatti quasi tutte andranno a costruire oggetti core della libreria e per farlo si affideranno alla catena di metodi dei builder relativi. Prendiamo come esempio la creazione della risorsa JMAP Session all'interno della classe SessionLogic:

```
final SessionResource sessionResource =
    SessionResource.builder()
        .apiUrl("http://localhost:8000/api/jmap")
        .uploadUrl("http://localhost:8000/api/upload")
        .downloadUrl("http://localhost:8000/api/download" + "?blobid={blobId}")
        .state(accountPort.getState(username))
        .username(username)
        .eventSourceUrl("")
        .account(
            accountid,
            Account.builder()
                .accountCapabilities(
                    ImmutableMap.of(
                        MailAccountCapability.class,
                        MailAccountCapability.builder()
                            .maxSizeAttachmentsPerEmail(50 * 1024 * 1024L) // 50MiB
                            .build()
                    )
                )
                .isPersonal(true)
                .isReadOnly(false)
                .build()
        )
        .capabilities(capabilityBuilder.build())
        .primaryAccounts(ImmutableMap.of(MailAccountCapability.class, accountid))
        .build();
```

In questo esempio, possiamo osservare come l'oggetto SessionResource, definito dalla libreria, venga costruito in modo chiaro e conciso attraverso una catena di metodi. Questa catena di chiamate imposta i valori desiderati come i diversi URL, lo stato della sessione e lo username dell'utente. È interessante notare che alcuni parametri vengono costruiti a loro volta utilizzando dei builder dedicati, come ad esempio l'oggetto Account, all'interno del quale un'altra catena di metodi ancora crea l'oggetto MailAccountCapability della libreria.

Si noti come l'ampio utilizzo del pattern builder da parte dello sviluppatore della libreria porti a un codice più leggibile, flessibile e manutenibile. Questo riduce notevolmente la complessità associata alla creazione di oggetti con un gran numero di parametri, come dimostrato nell'esempio. Inoltre, l'uso del pattern builder ci consente di evitare la configurazione dei parametri opzionali della sessione quando non sono necessari, semplificando ulteriormente il processo di creazione degli oggetti.

In conclusione, l'integrazione del pattern builder nel nostro prodotto è una pratica comune ogni volta che è necessario costruire un oggetto della libreria con un builder associato. Questo migliora l'efficienza dello sviluppo e la qualità del nostro software, garantendo un codice più pulito e manutenibile.

4.4) Diagramma delle classi

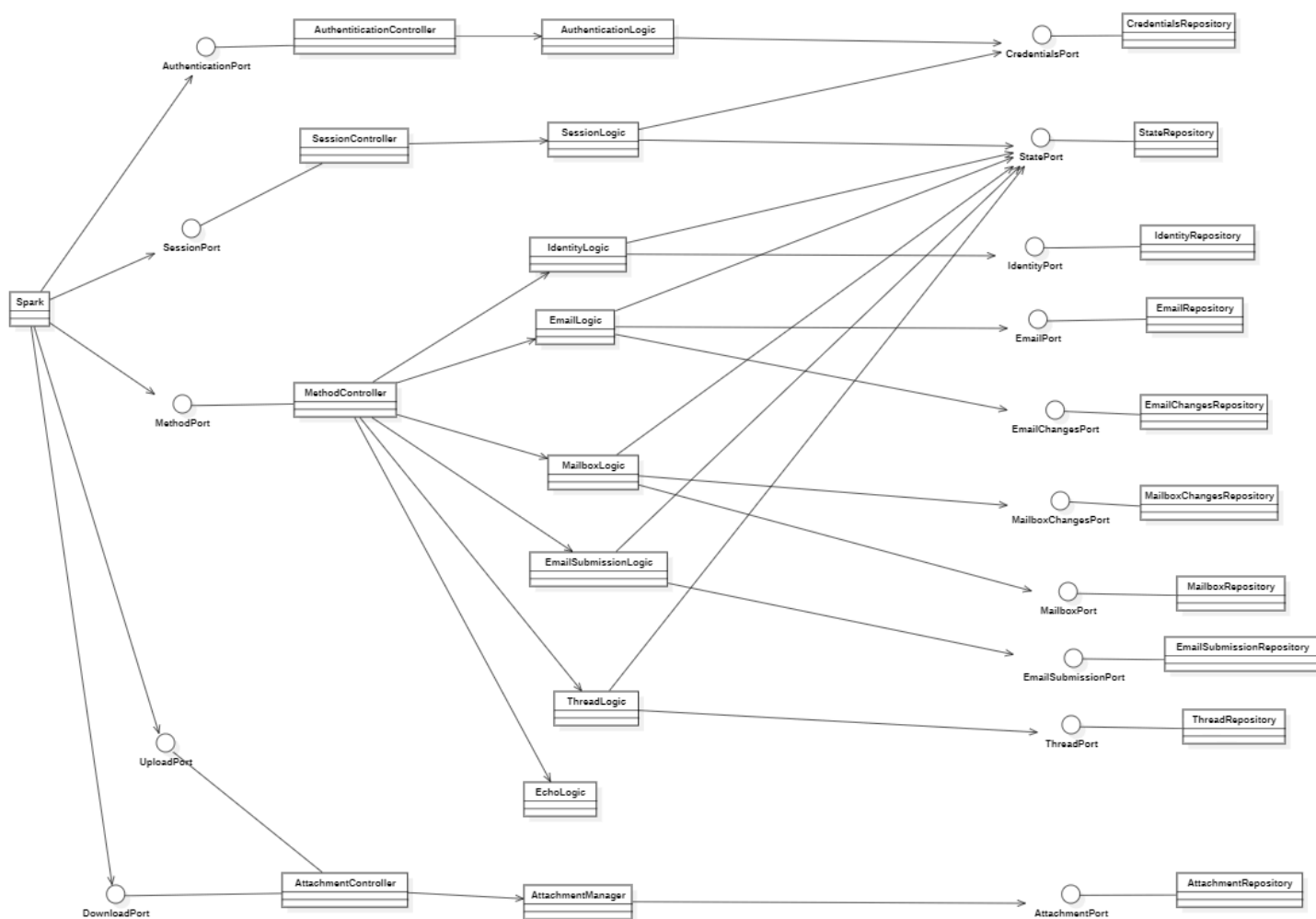


Figura 2: Diagramma delle classi

4.4.1) Ingresso delle richieste nell'applicazione

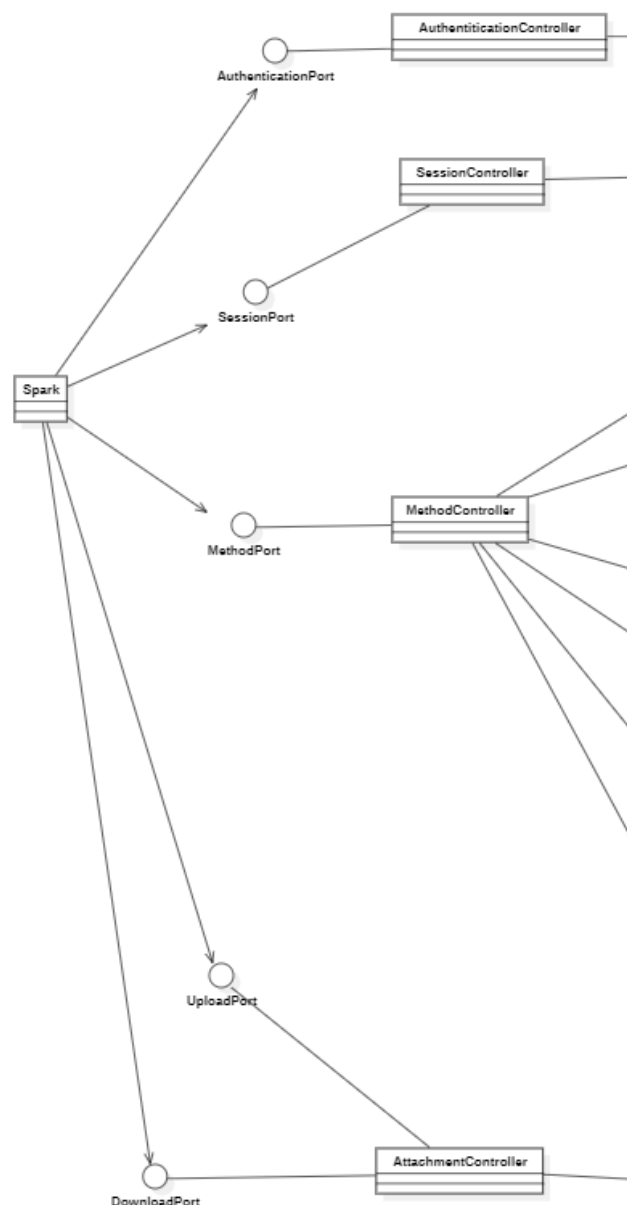


Figura 3: Modellazione delle componenti che gestiscono l'ingresso delle richieste nell'applicazione

Il pezzo di diagramma riportato illustra le componenti fondamentali per gestire l'ingresso delle richieste provenienti dai client all'interno del sistema. Vi si trovano le seguenti classi:

- **Spark**: gestore principale dell'ingresso delle richieste in arrivo (input), il cui scopo è quello di definire molteplici rotte utilizzando il framework Spark. Include al suo interno la gestione iniziale delle operazioni come l'autenticazione, la gestione delle sessioni, la gestione dei metodi di JMAP e la manipolazione degli allegati attraverso upload e download;
- **AuthenticationPort**: porta in ingresso che funge da punto di accesso per l'interazione tra il dominio dell'applicazione (core) e il mondo esterno. Essa definisce un insieme di operazioni che rappresentano le azioni che l'applicazione può eseguire in risposta alle richieste esterne provenienti dai client riguardanti l'autenticazione. La sua implementazione è responsabilità di classi concrete che forniranno la logica specifica per gestire tali operazioni in modo efficace all'interno dell'applicazione, mantenendo così la separazione tra i diversi tipi di logiche;

- **SessionPort:** porta in ingresso che funge da punto di accesso per l'interazione tra il dominio dell'applicazione (core) e il mondo esterno. Essa definisce un insieme di operazioni che rappresentano le azioni che l'applicazione può eseguire in risposta alle richieste esterne provenienti dai client riguardanti la sessione. La sua implementazione è responsabilità di classi concrete che forniranno la logica specifica per gestire tali operazioni in modo efficace all'interno dell'applicazione, mantenendo così la separazione tra i diversi tipi di logiche;
- **MethodPort:** porta in ingresso che funge da punto di accesso per l'interazione tra il dominio dell'applicazione (core) e il mondo esterno. Essa definisce un insieme di operazioni che rappresentano le azioni che l'applicazione può eseguire in risposta alle richieste esterne provenienti dai client riguardanti i vari metodi del protocollo JMAP. La sua implementazione è responsabilità di classi concrete che forniranno la logica specifica per gestire tali operazioni in modo efficace all'interno dell'applicazione, mantenendo così la separazione tra i diversi tipi di logiche;
- **UploadPort:** porta in ingresso che funge da punto di accesso per l'interazione tra il dominio dell'applicazione (core) e il mondo esterno. Essa definisce un insieme di operazioni che rappresentano le azioni che l'applicazione può eseguire in risposta alle richieste esterne provenienti dai client riguardanti l'upload di dati. La sua implementazione è responsabilità di classi concrete che forniranno la logica specifica per gestire tali operazioni in modo efficace all'interno dell'applicazione, mantenendo così la separazione tra i diversi tipi di logiche;
- **DownloadPort:** porta in ingresso che funge da punto di accesso per l'interazione tra il dominio dell'applicazione (core) e il mondo esterno. Essa definisce un insieme di operazioni che rappresentano le azioni che l'applicazione può eseguire in risposta alle richieste esterne provenienti dai client riguardanti il download di dati. La sua implementazione è responsabilità di classi concrete che forniranno la logica specifica per gestire tali operazioni in modo efficace all'interno dell'applicazione, mantenendo così la separazione tra i diversi tipi di logiche;
- **AuthenticationController:** implementazione dell'interfaccia AuthenticationPort. Essenzialmente, funge da intermediario tra le richieste provenienti dall'esterno dell'applicazione riguardanti l'autenticazione e la logica di business sottostante, gestendo quindi la parte di application logic relativa. Al suo interno si esegue dunque una prima validazione delle richieste di questo tipo, in modo da evitare di arrivare alla business logic nel caso in cui il formato della richiesta non fosse conforme allo standard;
- **SessionController:** implementazione dell'interfaccia SessionPort. Essenzialmente, funge da intermediario tra le richieste provenienti dall'esterno dell'applicazione riguardanti la sessione e la logica di business sottostante, gestendo quindi la parte di application logic relativa. Al suo interno si esegue dunque una prima validazione delle richieste di questo tipo, in modo da evitare di arrivare alla business logic nel caso in cui il formato della richiesta non fosse conforme allo standard;
- **MethodController:** implementazione dell'interfaccia MethodPort. Essenzialmente, funge da intermediario tra le richieste provenienti dall'esterno dell'applicazione riguardanti i vari metodi del protocollo JMAP e la logica di business sottostante, gestendo quindi la parte di application logic relativa. Al suo interno si esegue dunque una prima validazione delle richieste di questo tipo, in modo da evitare di arrivare alla business logic nel caso in cui il formato della richiesta non fosse conforme allo standard. Riceve le richieste in arrivo e in base al tipo di richiesta e ai dati associati, determina come instradarla all'interno dell'applicazione;
- **AttachmentController:** implementazione delle interfacce UploadPort e DownloadPort. Essenzialmente, funge da intermediario tra le richieste provenienti dall'esterno dell'applicazione riguardanti l'upload o il download degli allegati e la logica di business sottostante, gestendo quindi la parte di application logic relativa. Al suo interno si esegue dunque una prima validazione delle richieste di questo tipo, in modo da evitare di arrivare alla business logic nel caso in cui il formato della richiesta non fosse conforme allo standard.

4.4.2) Gestione delle richieste

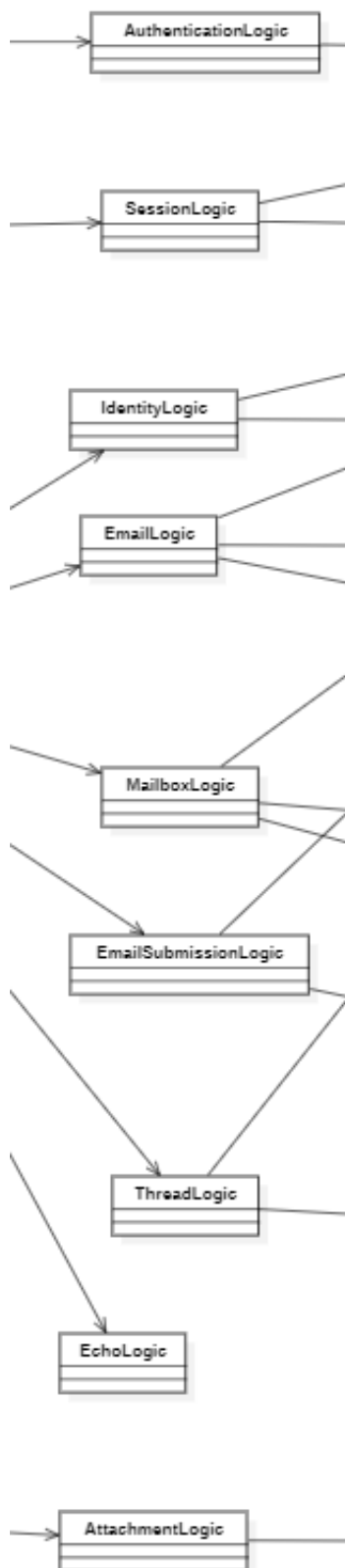


Figura 4: Modellazione delle componenti che gestiscono le richieste all'interno dell'applicazione

Le componenti riportate nel frammento di diagramma soprastante sono quelle necessarie per la gestione delle richieste, implementando dunque la business logic del prodotto. Vi si trovano le seguenti classi:

- **AuthenticationLogic:** componente responsabile della gestione dell'autenticazione all'interno del sistema. Si occupa quindi di tutte le operazioni relative alla business logic di questo tipo;
- **SessionLogic:** componente responsabile della gestione delle sessioni all'interno del sistema. Si occupa quindi di tutte le operazioni relative alla business logic di questo tipo;
- **IdentityLogic:** componente responsabile della gestione delle identità all'interno del sistema. Si occupa quindi di tutte le operazioni relative alla business logic di questo tipo;
- **EmailLogic:** componente responsabile della gestione delle email all'interno del sistema. Si occupa quindi di tutte le operazioni relative alla business logic di questo tipo, tra cui anche l'implementazione di un sistema di sincronizzazione che permetta ad un client di mantenersi aggiornato con gli ultimi aggiornamenti della casella di posta visualizzata per quanto riguarda le email;
- **MailboxLogic:** componente responsabile della gestione delle caselle di posta all'interno del sistema. Si occupa quindi di tutte le operazioni relative alla business logic di questo tipo, tra cui anche l'implementazione di un sistema di sincronizzazione che permetta ad un client di mantenersi aggiornato con gli ultimi aggiornamenti della casella di posta visualizzata per quanto riguarda le cartelle;
- **EmailSubmissionLogic:** componente responsabile della gestione dell'invio di un'email per la consegna a uno o più destinatari all'interno del sistema. Si occupa quindi di tutte le operazioni relative alla business logic di questo tipo;
- **ThreadLogic:** componente responsabile della gestione dei thread all'interno del sistema. Si occupa quindi di tutte le operazioni relative alla business logic di questo tipo;
- **EchoLogic:** componente responsabile della gestione degli echo all'interno del sistema. Si occupa quindi di tutte le operazioni relative alla business logic di questo tipo;
- **AttachmentLogic:** componente responsabile della gestione degli allegati all'interno del sistema. Si occupa quindi di tutte le operazioni relative alla business logic di questo tipo.

4.4.3) Interfacciamento al database

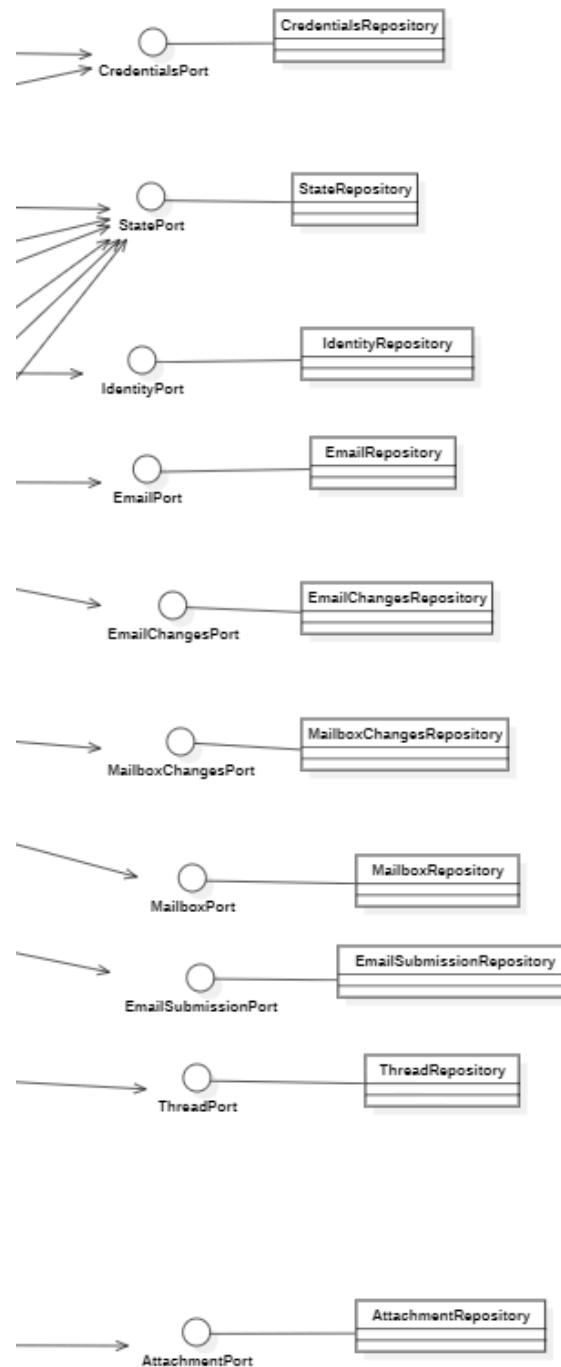


Figura 5: Modellazione delle componenti che gestiscono l'interfacciamento al database

Nell'ultima parte del diagramma delle classi si trovano le componenti dedicate alla gestione dell'interfacciamento con il database. Qui si incontrano, quindi, tutte le porte in uscita dall'esagono contenente la business logic e le classi concrete che svolgono operazioni specifiche su vari tipi di dati con il database. Nello specifico queste sono le seguenti:

- **CredentialsPort**: porta in uscita che definisce una serie di metodi per operare con le credenziali degli utenti all'interno del database;
- **StatePort**: porta in uscita che definisce una serie di metodi per svolgere operazioni riguardanti lo stato dei client all'interno del database;

- **IdentityPort**: porta in uscita che definisce una serie di metodi per l'accesso alle informazioni sulle identità, nonché per svolgere operazioni su quest'ultime all'interno del database;
- **EmailPort**: porta in uscita che definisce una serie di metodi per svolgere operazioni sulle email all'interno del database;
- **EmailChangesPort**: porta in uscita che definisce una serie di metodi per svolgere operazioni sui cambiamenti avvenuti alle email all'interno del database;
- **MailboxChangesPort**: porta in uscita che definisce una serie di metodi per svolgere operazioni sui cambiamenti avvenuti alle cartelle all'interno del database;
- **MailboxPort**: porta in uscita che definisce una serie di metodi per svolgere operazioni sulle caselle di posta all'interno del database;
- **EmailSubmissionPort**: porta in uscita che definisce una serie di metodi per svolgere operazioni sull'invio di un'email per la consegna a uno o più destinatari all'interno del database;
- **ThreadPort**: porta in uscita che definisce una serie di metodi per svolgere operazioni sui thread all'interno del database;
- **AttachmentPort**: porta in uscita che definisce una serie di metodi per svolgere operazioni sugli allegati all'interno del database;
- **CredentialsRepository**: implementazione dell'interfaccia CredentialsPort che realizza i metodi necessari per operare con le credenziali degli utenti all'interno del database;
- **StateRepository**: implementazione dell'interfaccia StatePort che realizza i metodi necessari per svolgere operazioni riguardanti lo stato dei client all'interno del database;
- **IdentityRepository**: implementazione dell'interfaccia IdentityPort che realizza i metodi necessari per l'accesso alle informazioni sulle identità, nonché per svolgere operazioni su quest'ultime all'interno del database;
- **EmailRepository**: implementazione dell'interfaccia EmailPort che realizza i metodi necessari per svolgere operazioni sulle email all'interno del database;
- **EmailChangesRepository**: implementazione dell'interfaccia EmailChangesPort che realizza i metodi necessari per svolgere operazioni sui cambiamenti avvenuti alle email all'interno del database;
- **MailboxChangesRepository**: implementazione dell'interfaccia MailboxChangesPort che realizza i metodi necessari per svolgere operazioni sui cambiamenti avvenuti alle cartelle all'interno del database;
- **MailboxRepository**: implementazione dell'interfaccia MailboxPort che realizza i metodi necessari per svolgere operazioni sulle caselle di posta all'interno del database;
- **EmailSubmissionRepository**: implementazione dell'interfaccia EmailSubmissionPort che realizza i metodi necessari per svolgere operazioni sull'invio di un'email per la consegna a uno o più destinatari all'interno del database;
- **ThreadRepository**: implementazione dell'interfaccia ThreadPort che realizza i metodi necessari per svolgere operazioni sui thread all'interno del database;
- **AttachmentRepository**: implementazione dell'interfaccia AttachmentPort che realizza i metodi necessari per svolgere operazioni sugli allegati all'interno del database.

4.5) Database

Come già citato nella sezione **Tecnologie** del documento, il nostro prodotto utilizza RethinkDB come database NoSQL principale per la gestione dei dati. Il database viene inizializzato con la creazione delle collezioni richieste (account, email, mailbox...) e l'inserimento di dati di esempio. Successivamente, viene utilizzato per l'aggiunta di nuovi dati o la sostituzione di quelli esistenti.

Inoltre, per la gestione degli allegati abbiamo scelto di utilizzare una tecnologia diversa, affidandoci a MinIO. Questa scelta è stata fatta principalmente per dimostrare le potenzialità della nostra architettura che, operando tramite porte, ci permette di utilizzare sistemi di persistenza differenti con estrema facilità.

4.5.1) Scelta di RethinkDB

RethinkDB è stata la nostra scelta principale per molteplici motivi che rispecchiano le esigenze uniche del progetto: la necessità di un sistema altamente flessibile, scalabile e performante, in grado di adattarsi a diverse condizioni operative, che includono sia situazioni normali che di elevato carico e sovraccarico.

4.5.2) Funzionalità di RethinkDB

- **Modello di dati flessibile:** la natura NoSQL di questo database ci consente di modellare i dati in modo flessibile, senza vincoli rigidi di schema. Ciò significa che possiamo memorizzare email, cartelle, metadati e altri dati associati in un formato che si adatta alle esigenze specifiche del nostro sistema, consentendoci di gestire la complessità del nostro dominio in modo efficiente;
- **Scalabilità Orizzontale:** RethinkDB è progettato per scalare orizzontalmente, consentendo al nostro sistema di gestire volumi crescenti di dati e carichi di lavoro variabili. Questa funzionalità è fondamentale per assicurare che il sistema possa crescere in modo fluido con l'aumentare del carico, senza compromettere le prestazioni o la disponibilità del servizio;
- **Real time:** RethinkDB è stato progettato per supportare applicazioni che richiedono aggiornamenti in tempo reale dei dati grazie alla sua capacità di fornire un flusso continuo di cambiamenti ai dati attraverso i feed dei cambiamenti: questo lo rende particolarmente adatto per l'integrazione con un server di posta elettronica.

RethinkDB offre, inoltre, un potente sistema di query che semplifica l'accesso e la manipolazione dei dati, inclusi strumenti come subqueries e changefeed.

- **Subqueries:** sono query annidate all'interno di altre query e consentono agli sviluppatori di scrivere query più complesse e efficienti per soddisfare le esigenze specifiche delle loro applicazioni;
- **Changefeeds:** permettono agli sviluppatori di tracciare le modifiche nei dati e di ricevere notifiche istantanee quando avvengono cambiamenti nel database, facilitando lo sviluppo di applicazioni reattive.

4.5.3) Utilizzo di MinIO

MinIO è un sistema open-source di archiviazione di oggetti ideale per archiviare grandi quantità di dati non strutturati (anche immagini, video e grandi backup sono inclusi). È compatibile con lo standard S3 (Simple Storage Service) di Amazon Web Services (AWS) ed è progettato per fornire una soluzione di storage di oggetti ad alte prestazioni. Gli oggetti in MinIO sono archiviati in modo distribuito su nodi multipli, consentendo una rapida accessibilità e un'alta disponibilità, questo fa sì che le performance di MinIO consentano di supportare un carico di lavoro che i tradizionali sistemi di archiviazione di oggetti non possono supportare.

4.5.3.1) Implementazione di MinIO sul nostro progetto

In questa sezione andremo ad approfondire come abbiamo utilizzato MinIO all'interno del nostro progetto analizzando la classe `AttachmentRepository.java`.

In questa prima parte avviene la connessione a MinIO.

```
public class AttachmentRepository implements AttachmentPort {
    private MinioClient conn;
    private BucketName buck;

    @Inject
    AttachmentRepository(MinioClient conn, BucketName buck) {
        this.conn = conn;
        this.buck = buck;
    }
}
```

Si dichiara un campo `MinIO conn` per rappresentare la connessione al servizio MinIO. Questa connessione viene iniettata nel costruttore della classe attraverso l'annotazione `@Inject` di Guice. Si dichiara anche un campo che è un'istanza della classe `BucketName` per rappresentare il nome del bucket MinIO e l'hai iniettata anch'essa nel costruttore della classe.

In questa seconda parte avviene l'implementazione delle operazioni di base:

```
@Override
public byte[] getAttachment(String id) {
    try {
        return conn.getObject(
            GetObjectArgs.builder()
                .bucket(buck.getName())
                .object(id)
                .build()).readAllBytes();
    } catch (Exception e) {
    }
    return null;
}

@Override
public boolean deleteAttachment(String id) {
    try {
        conn.removeObject(
            RemoveObjectArgs.builder()
                .bucket(buck.getName())
                .object(id)
                .build());
        return true;
    } catch (Exception e) {
    }
    return false;
}

@Override
public String insertAttachment(byte[] data) {
    try {
        var name = UUID.randomUUID().toString();
        conn.putObject(
            PutObjectArgs.builder()
                .bucket(buck.getName())
```

```
.object(name)
.stream(new ByteArrayInputStream(data), 0, -1)
.build());
return name;
} catch (Exception e) {
}
return null;
}
```

Il recupero di un allegato avviene tramite il metodo `getAttachment`, utilizzando `conn.getObject` con un oggetto `GetObjectArgs`.

Per inserire un nuovo allegato si utilizza il metodo `insertAttachment` che genera un nome univoco usando `UUID.randomUUID()` e successivamente usato `conn.putObject` con un oggetto `PutObjectArgs`. Per rimuovere un allegato invece si utilizza il metodo `deleteAttachment`, che utilizza `conn.removeObject` con un oggetto `RemoveObjectArgs`.

4.5.4) Conclusioni

L'adozione di RethinkDB nel nostro server di posta elettronica rappresenta un elemento chiave nella nostra strategia di gestione dei dati. Grazie alla sua flessibilità, scalabilità e capacità di query avanzate, siamo in grado di offrire un servizio di posta elettronica affidabile, efficiente e altamente performante. Questo ci permette di ottenere i migliori risultati possibili durante i test di carico (stress test) richiesti dal proponente.

Inoltre l'uso di MinIO per la gestione degli allegati delle email non solo ci permette di dar prova dei vantaggi della nostra scelta architetturale, bensì offre anch'esso prestazioni elevate, scalabilità, affidabilità, flessibilità e sicurezza, contribuendo a ottimizzare il processo di gestione delle email e migliorando l'esperienza degli utenti finali.

5) Stato dei requisiti funzionali

Codice	Tipo	Descrizione	Stato	Riferimento
R-001-F-2	Desiderabile	L'utente che utilizza un client di posta elettronica per interagire con il server deve autenticarsi all'interno del sistema.	Non soddisfatto	R-002-F-2
Desiderabile	È necessario che il client fornisca all'interno della richiesta l'indirizzo email personale dell'utente per procedere con l'autenticazione.	Non soddisfatto	R-003-F-2	Desiderabile
È necessario che il client fornisca all'interno della richiesta la password associata all'indirizzo email personale dell'utente per procedere con l'autenticazione.	Non soddisfatto	R-004-F-2	Desiderabile	Se la fase di autenticazione è fallita allora è necessario che il client riceva dal server una risposta con eventuali dettagli che ne indicano il motivo.
Non soddisfatto	R-005-F-1	Obbligatorio	Il client deve essere in grado di reperire la risorsa JMAP Session, contenente informazioni sulle capacità del server, dettagli sull'account dell'utente e le URL per le richieste API future, in modo da poter interagire con dati e servizi	Non soddisfatto

			offerti dal server.	
R-006-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "unknownCapability" in caso di esecuzione di una richiesta con proprietà "using" non supportata dal server.	Non soddisfatto	R-007-F-1
Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "notJSON" se il contenuto di una richiesta inviata al server non era application/json o se la richiesta non è stata interpretata dal server come I-JSON.	Non soddisfatto	R-008-F-1	Obbligatorio
È necessario che il client riceva in risposta l'errore "notRequest" se una richiesta JSON non ha corrisposto alla firma di tipo dell'oggetto di richiesta (Request).	Non soddisfatto	R-009-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "limit" in caso di inserimento di una richiesta che supera uno dei limiti definiti sull'oggetto di capacità, come maxSizeRequest, maxCallsInRequest o maxCurrentRequests.
Non soddisfatto	R-010-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "serverUnavailable" in caso di inserimento di una richiesta che necessita di alcune risorse interne del	Non soddisfatto

			server momentaneamente non disponibili.	
R-011-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "serverFail" in caso si verifichi un errore inaspettato o sconosciuto durante l'elaborazione di una sua richiesta dal server.	Non soddisfatto	R-012-F-1
Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "serverPartialFail" e proceda risincronizzando i dati in caso si verifichi un errore inaspettato o sconosciuto durante l'elaborazione di una sua richiesta dal server.	Non soddisfatto	R-013-F-1	Obbligatorio
È necessario che il client riceva in risposta l'errore "unknownMethod" in caso di inserimento di una richiesta contenente un metodo non riconosciuto dal server.	Non soddisfatto	R-014-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "invalidArguments" se uno degli argomenti di un metodo fornito all'interno di una richiesta al server è di tipo errato, non valido o, nel caso in cui sia obbligatorio, è assente.
Non soddisfatto	R-015-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "invalidResultReference" se uno degli argomenti di un metodo fornito all'interno di una richiesta	Non soddisfatto

			al server ha utilizzato un riferimento di risultato che non è stato possibile risolvere da parte del server.	
R-016-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "forbidden" in caso utilizzi, all'interno di una richiesta al server, un metodo la cui esecuzione violerebbe una Access Control List (ACL) o un'altra policy di autorizzazione.	Non soddisfatto	R-017-F-1
Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "accountNotFound" se l'"accountID" fornito all'interno di una richiesta al server non corrisponde a un account valido.	Non soddisfatto	R-018-F-1	Obbligatorio
È necessario che il client riceva in risposta l'errore "accountNotSupportedByMethod" se all'interno di una richiesta al server è presente un metodo o tipo di dato non supportato dall'"accountID" fornito.	Non soddisfatto	R-019-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "accountReadOnly" se all'interno di una richiesta al server è presente un metodo che tenta di modificare lo stato nonostante l'account sia in sola lettura.
Non soddisfatto	R-020-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "cannotCalculateChanges"	Non soddisfatto

			se, in seguito all'inserimento di una richiesta, il server non possa calcolare le modifiche dello stato dalla stringa di stato fornita dal client.	
R-021-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "overQuota" se una richiesta inserita nel server richiede la creazione di oggetti che per dimensione o quantità superano il limite imposto dal server.	Non soddisfatto	R-022-F-1
Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "notFound" se una richiesta inserita nel server fornisce degli ID che non possono essere trovati.	Non soddisfatto	R-023-F-1	Obbligatorio
È necessario che il client riceva in risposta l'errore "willDestroy" se ha richiesto che un oggetto fosse sia aggiornato che distrutto all'interno della stessa richiesta al server.	Non soddisfatto	R-024-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "tooLarge" se una richiesta inserita nel server richiede la creazione di un oggetto che supera il limite definito dal server per la dimensione massima per un oggetto di quel tipo.
Non soddisfatto	R-025-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "rateLimit" se	Non soddisfatto

			una richiesta inserita nel server comporta la creazione di un oggetto per cui sono stati creati troppi oggetti quel tipo di recente, raggiungendo un limite di frequenza definito dal server.	
R-026-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "invalidPatch" se una richiesta inserita nel server fornisce un PatchObject non valido per modificare il record.	Non soddisfatto	R-027-F-1
Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "invalidProperties" se una richiesta inserita nel server fornisce un record non valido.	Non soddisfatto	R-028-F-1	Obbligatorio
È necessario che il client riceva in risposta l'errore "singleton" se una richiesta inserita nel server tentasse di agire erroneamente su un tipo singleton.	Non soddisfatto	R-029-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "requestTooLarge" se una richiesta inserita nel server contiene un numero di azioni che supera il massimo che il server è disposto a elaborare in una singola chiamata di metodo interna alla richiesta.
Non soddisfatto	R-030-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "stateMismatch"	Non soddisfatto

			se una richiesta inserita nel server contiene un argomento iflnState e questo non corrisponde allo stato attuale.	
R-031-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "blobNotFound" se una richiesta inserita nel server contiene almeno un ID blob fornito per una parte del corpo dell'email che non esiste.	Non soddisfatto	R-032-F-1
Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "tooManyKeywords" se una richiesta inserita nel server modifica un numero di parole chiave dell'email superiore al limite massimo definito dal server.	Non soddisfatto	R-033-F-1	Obbligatorio
È necessario che il client riceva in risposta l'errore "tooManyMailboxes" se una richiesta inserita nel server modifica un numero di cartelle a cui appartiene l'email superiore al limite	Non soddisfatto	R-034-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "alreadyExists" se una richiesta inserita in un server che vieta i duplicati contiene un record già esistente nell'account di destinazione.

massimo definito dal server.				
Non soddisfatto	R-035-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "fromAccountNotFound" se una richiesta inserita nel server contiene un fromAccountId che non corrisponde a nessun account valido.	Non soddisfatto
R-036-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "fromAccountNotSupportedByMethod" se una richiesta inserita nel server contiene un fromAccountId che non supporta un tipo di dato utilizzato.	Non soddisfatto	R-037-F-1
Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "anchorNotFound" se una richiesta inserita nel server contiene un argomento di ancoraggio che non è stato trovato nei risultati della query.	Non soddisfatto	R-038-F-1	Obbligatorio
È necessario che il client riceva in risposta l'errore "unsupportedSort" se una richiesta inserita nel server	Non soddisfatto	R-039-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "unsupportedFilter" se una richiesta inserita nel server contiene un filtro che il server non è grado di elaborare.

presenta una clausola di ordinamento non supportata o un metodo di collezione non riconosciuto dal server.				
Non soddisfatto	R-040-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "TooManyChanges" se una richiesta inserita nel server contiene un numero di modifiche superiore all'argomento maxChanges inserito del client.	Non soddisfatto
R-041-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "mailboxHasChild" se una richiesta inserita nel server desidera rimuovere una cartella(Mailbox) che ha ancora almeno una cartella figlia.	Non soddisfatto	R-042-F-1
Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "mailboxHasEmail" se una richiesta inserita nel server, con l'argomento onDestroyRemoveEmails impostato su false, desidera rimuovere una cartella(Mailbox) che ha al suo interno	Non soddisfatto	R-043-F-1	Obbligatorio

	almeno una email.			
È necessario che il client riceva in risposta l'errore "invalidEmail" se una richiesta inserita nel server contiene un'email da inviare non valida.	Non soddisfatto	R-044-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "tooManyRecipients" se una richiesta inserita nel server contiene un envelope (insieme di destinatari) che ha più destinatari di quanti il server consenta.
Non soddisfatto	R-045-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "noRecipients" se una richiesta inserita nel server contiene un envelope (insieme di destinatari) che non presenta alcun destinatario.	Non soddisfatto
R-046-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "invalidRecipients" se una richiesta inserita nel server contiene un envelope (insieme di destinatari) con almeno un indirizzo email destinatario non valido.	Non soddisfatto	R-047-F-1
Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "forbiddenMailFrom" se una richiesta è inserita in un server che non consente all'utente di inviare un	Non soddisfatto	R-048-F-1	Obbligatorio

	messaggio con quel indirizzo mittente nell'envelope (From address).			
È necessario che il client riceva in risposta l'errore "forbiddenFrom" se una richiesta è inserita in un server che non consente all'utente di inviare un messaggio con il campo di intestazione From del messaggio da inviare.	Non soddisfatto	R-049-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva in risposta l'errore "forbiddenToSend" se una richiesta è inserita in un server che non consente all'utente di inviare un messaggio in quel momento.
Non soddisfatto	R-050-F-1	Obbligatorio	L'utente che utilizza un client di posta elettronica per interagire con il server deve avere la possibilità di inviare email.	Non soddisfatto
R-051-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta l'identificazione delle capacità necessarie all'invio di una email.	Non soddisfatto	R-052-F-1
Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le chiamate di metodo necessarie all'invio di una email, con relativi parametri (sia quelli comuni, come	Non soddisfatto	R-053-F-1	Obbligatorio

	l'identificativo dell'account da utilizzare, sia quelli specifici del caso) e un identificatore univoco associato.			
È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le proprietà dell'oggetto Email da creare (cartelle in cui è contenuta, mittente, destinatari, oggetto, corpo del messaggio ed altri dettagli definiti dall'RFC5322).	Non soddisfatto	R-054-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le proprietà dell'oggetto EmailSubmission da creare (l'identificativo dell'email creata in precedenza ed ora da inviare, le informazioni necessarie per l'invio ed altri dettagli).
Non soddisfatto	R-055-F-1	Obbligatorio	È possibile che il client inserisca all'interno della richiesta eventuali azioni da compiere in seguito al corretto invio dell'email.	Non soddisfatto
R-056-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva una risposta che contiene l'esito dell'operazione di invio dell'email con relativi parametri (come il nuovo stato, gli oggetti creati ed eventuali errori).	Non soddisfatto	R-057-F-1
Obbligatorio	L'utente che utilizza un client di posta elettronica per interagire con il server deve avere la possibilità di	Non soddisfatto	R-058-F-1	Obbligatorio

	ricevere email e visualizzarne il dettaglio.			
È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta l'identificazione delle capacità necessarie alla ricezione di una email.	Non soddisfatto	R-059-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le chiamate di metodo necessarie alla ricezione di una email, con relativi parametri (sia quelli comuni, come l'identificativo dell'account da utilizzare, sia quelli specifici del caso) e un identificatore univoco associato.
Non soddisfatto	R-060-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta l'identificativo delle email da ricevere	Non soddisfatto
R-061-F-1	Obbligatorio	È possibile che il client inserisca all'interno della richiesta le proprietà specifiche delle email che è interessato a ricevere	Non soddisfatto	R-062-F-1
Obbligatorio	È necessario che il client riceva una risposta che contiene l'esito dell'operazione di ricezione dell'email con relativi parametri (come lo stato corrente dei dati di tipo Email sul server, la lista delle email richieste ed eventuali errori)	Non soddisfatto	R-063-F-1	Obbligatorio
L'utente che utilizza un client di posta elettronica per interagire con il server	Non soddisfatto	R-064-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta l'identificazione delle capacità necessarie all'eliminazione di una email.

deve avere la possibilità di eliminare email.				
Non soddisfatto	R-065-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le chiamate di metodo necessarie all'eliminazione di una email, con relativi parametri (sia quelli comuni, come l'identificativo dell'account da utilizzare, sia quelli specifici del caso) e un identificatore univoco associato.	Non soddisfatto
R-066-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta la lista degli identificativi delle email da eliminare.	Non soddisfatto	R-067-F-1
Obbligatorio	È necessario che il client riceva una risposta che contiene l'esito dell'operazione di eliminazione delle email con relativi parametri (come il nuovo stato, gli identificativi degli oggetti eliminati ed eventuali errori)	Non soddisfatto	R-068-F-1	Obbligatorio
L'utente che utilizza un client di posta	Non soddisfatto	R-069-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta l'identificazione delle

elettronica per interagire con il server deve avere la possibilità di ricevere cartelle e visualizzarne il dettaglio.				capacità necessarie alla ricezione di una cartella.
Non soddisfatto	R-070-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le chiamate di metodo necessarie alla ricezione di una cartella, con relativi parametri (sia quelli comuni, come l'identificativo dell'account da utilizzare, sia quelli specifici del caso) e un identificatore univoco associato.	Non soddisfatto
R-071-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta l'identificativo delle cartelle da ricevere	Non soddisfatto	R-072-F-1
Obbligatorio	È possibile che il client inserisca all'interno della richiesta le proprietà specifiche delle cartelle che è interessato a ricevere	Non soddisfatto	R-073-F-1	Obbligatorio
È necessario che il client riceva una risposta che contiene l'esito dell'operazione	Non soddisfatto	R-074-F-1	Obbligatorio	L'utente che utilizza un client di posta elettronica per interagire con il server deve avere la possibilità di creare cartelle.

di ricezione della cartella con relativi parametri (come lo stato corrente dei dati di tipo Mailbox sul server, la lista delle cartelle richieste ed eventuali errori)				
Non soddisfatto	R-075-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta l'identificazione delle capacità necessarie alla creazione di una cartella.	Non soddisfatto
R-076-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le chiamate di metodo necessarie alla creazione di una cartella, con relativi parametri (sia quelli comuni, come l'identificativo dell'account da utilizzare, sia quelli specifici del caso) e un identificatore univoco associato.	Non soddisfatto	R-077-F-1
Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le proprietà dell'oggetto Mailbox da creare (nome, eventuale genitore, ruolo ed altri dettagli).	Non soddisfatto	R-078-F-1	Obbligatorio
È necessario che il client riceva una risposta che contiene l'esito dell'operazione	Non soddisfatto	R-079-F-1	Obbligatorio	L'utente che utilizza un client di posta elettronica per interagire con il server deve avere la possibilità di modificare cartelle esistenti.

di creazione della cartella con relativi parametri (come lo stato corrente del server, la lista delle cartelle create ed eventuali errori)				
Non soddisfatto	R-080-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta l'identificazione delle capacità necessarie alla modifica di una cartella.	Non soddisfatto
R-081-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le chiamate di metodo necessarie alla modifica di una cartella, con relativi parametri (sia quelli comuni, come l'identificativo dell'account da utilizzare, sia quelli specifici del caso) e un identificatore univoco associato.	Non soddisfatto	R-082-F-1
Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le modifiche da apportare all'oggetto Mailbox che l'utente desidera modificare.	Non soddisfatto	R-083-F-1	Obbligatorio
È necessario che il client riceva una risposta che contiene l'esito dell'operazione di modifica della cartella con relativi	Non soddisfatto	R-084-F-1	Obbligatorio	L'utente che utilizza un client di posta elettronica per interagire con il server deve avere la possibilità di eliminare cartelle esistenti.

parametri (come lo stato corrente del server, la lista delle cartelle modificate ed eventuali errori)				
Non soddisfatto	R-085-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta l'identificazione delle capacità necessarie alla eliminazione di una cartella.	Non soddisfatto
R-086-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le chiamate di metodo necessarie alla eliminazione di una cartella, con relativi parametri (sia quelli comuni, come l'identificativo dell'account da utilizzare, sia quelli specifici del caso) e un identificatore univoco associato.	Non soddisfatto	R-087-F-1
Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta la lista degli identificativi delle cartelle da eliminare.	Non soddisfatto	R-088-F-1	Obbligatorio
È necessario che il client specifichi all'interno della richiesta il comportamento desiderato da parte del server quando si cerca di eliminare una cartella che contiene	Non soddisfatto	R-089-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva una risposta che contiene l'esito dell'operazione di eliminazione della cartella con relativi parametri (come lo stato corrente del server, la lista degli identificativi delle cartelle eliminate ed eventuali errori)

ancora delle email.				
Non soddisfatto	R-090-F-1	Obbligatorio	L'utente che utilizza un client di posta elettronica per interagire con il server deve avere la possibilità di gestire i contenuti di una cartella.	Non soddisfatto
R-091-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta l'identificazione delle capacità necessarie alla gestione dei contenuti di una cartella.	Non soddisfatto	R-092-F-1
Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le chiamate di metodo necessarie alla gestione dei contenuti di una cartella, con relativi parametri (sia quelli comuni, come l'identificativo dell'account da utilizzare, sia quelli specifici del caso) e un identificatore univoco associato.	Non soddisfatto	R-093-F-1	Obbligatorio
È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le modifiche da apportare agli oggetti Email che l'utente desidera	Non soddisfatto	R-094-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le modifiche da apportare agli oggetti Email che l'utente desidera rimuovere da una o più cartelle.

aggiungere ad una o più cartelle.				
Non soddisfatto	R-095-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le modifiche da apportare agli oggetti Email che l'utente desidera spostare da una o più cartelle ad una o più cartelle.	Non soddisfatto
R-096-F-1	Obbligatorio	È necessario che il client riceva una risposta che contiene l'esito delle operazioni di gestione dei contenuti di una cartella con relativi parametri (come lo stato corrente del server, la lista delle email modificate ed eventuali errori)	Non soddisfatto	R-097-F-2
Desiderabile	L'utente che utilizza un client di posta elettronica per interagire con il server deve avere la possibilità di condividere le sue cartelle con altri utenti.	Non soddisfatto	R-098-F-2	Desiderabile
È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta l'identificazione delle capacità necessarie alla creazione della condivisione di una cartella.	Non soddisfatto	R-099-F-2	Desiderabile	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le chiamate di metodo necessarie alla creazione della condivisione di una cartella, con relativi parametri (sia quelli comuni, come l'identificativo dell'account da utilizzare, sia quelli specifici del caso) e un identificatore univoco associato.

Non soddisfatto	R-100-F-2	Desiderabile	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le proprietà dell'oggetto Principal da creare (nome, tipo, descrizione, gli identificativi degli account a cui vogliamo condividere le cartelle e altri dettagli).	Non soddisfatto
R-101-F-2	Desiderabile	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le modifiche da apportare all'oggetto Mailbox che l'utente desidera condividere, specificando quali diritti hanno su quest'ultimo i membri del principale a cui si sta condividendo.	Non soddisfatto	R-102-F-2
Desiderabile	È necessario che il client riceva una risposta che contiene l'esito delle operazioni di creazione della condivisione di una cartella con relativi parametri (come lo stato corrente dei dati sul server, la lista dei principali creati, la lista delle cartella modificate ed eventuali errori)	Non soddisfatto	R-103-F-2	Desiderabile
L'utente che utilizza un client di posta	Non soddisfatto	R-104-F-2	Desiderabile	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta l'identificazione delle

elettronica per interagire con il server deve avere la possibilità di modificare principali esistenti.				capacità necessarie alla modifica di un principale.
Non soddisfatto	R-105-F-2	Desiderabile	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le chiamate di metodo necessarie alla modifica di un principale, con relativi parametri (sia quelli comuni, come l'identificativo dell'account da utilizzare, sia quelli specifici del caso) e un identificatore univoco associato.	Non soddisfatto
R-106-F-2	Desiderabile	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le modifiche da apportare all'oggetto Principal che l'utente desidera modificare.	Non soddisfatto	R-107-F-2
Desiderabile	È necessario che il client riceva una risposta che contiene l'esito dell'operazione di modifica del principale con relativi parametri (come lo stato corrente del server, la lista dei principali modificati ed	Non soddisfatto	R-108-F-2	Desiderabile

	eventuali errori)			
L'utente che utilizza un client di posta elettronica per interagire con il server deve avere la possibilità di eliminare principali esistenti.	Non soddisfatto	R-109-F-2	Desiderabile	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta l'identificazione delle capacità necessarie alla eliminazione di un principale.
Non soddisfatto	R-110-F-2	Desiderabile	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le chiamate di metodo necessarie alla eliminazione di un principale, con relativi parametri (sia quelli comuni, come l'identificativo dell'account da utilizzare, sia quelli specifici del caso) e un identificatore univoco associato.	Non soddisfatto
R-111-F-2	Desiderabile	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta la lista degli identificativi dei principali da eliminare.	Non soddisfatto	R-112-F-2
Desiderabile	È necessario che il client riceva una risposta che contiene l'esito dell'operazione di eliminazione del principale con relativi parametri	Non soddisfatto	R-113-F-2	Desiderabile

	(come lo stato corrente del server, la lista degli identificativi dei principali eliminati ed eventuali errori)			
L'utente che utilizza un client di posta elettronica per interagire con il server deve avere la possibilità di modificare la condivisione di una cartella (compresa l'eliminazione di quest'ultima).	Non soddisfatto	R-114-F-2	Desiderabile	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta l'identificazione delle capacità necessarie alla modifica della condivisione di una cartella (compresa l'eliminazione di quest'ultima).
Non soddisfatto	R-115-F-2	Desiderabile	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le chiamate di metodo necessarie alla modifica della condivisione di una cartella (compresa l'eliminazione di quest'ultima), con relativi parametri (sia quelli comuni, come l'identificativo dell'account da utilizzare, sia quelli specifici del caso) e un identificatore univoco associato.	Non soddisfatto
R-116-F-2	Desiderabile	È necessario che il client inserisca all'interno della	Non soddisfatto	R-117-F-2

		richiesta le modifiche da apportare all'oggetto Mailbox di cui l'utente desidera modificare/eliminare la condivisione, specificando i nuovi diritti che hanno su quest'ultimo i membri del principale a cui si sta condividendo.		
Desiderabile	È necessario che il client riceva una risposta che contiene l'esito dell'operazione di modifica della condivisione di una cartella (compresa l'eliminazione di quest'ultima) con relativi parametri (come lo stato corrente del server, la lista degli identificativi delle cartelle modificate ed eventuali errori)	Non soddisfatto	R-118-F-3	Opzionale
Un client di posta elettronica utilizzato da un utente per interagire con il server deve avere la possibilità di mantenersi sincronizzato con gli ultimi aggiornamenti per quanto riguarda le email.	Non soddisfatto	R-119-F-3	Opzionale	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta l'identificazione delle capacità necessarie alla sincronizzazione delle email.
Non soddisfatto	R-120-F-3	Opzionale	È necessario che il client inserisca all'interno	Non soddisfatto

			della richiesta le chiamate di metodo necessarie alla sincronizzazione delle email, con relativi parametri (sia quelli comuni, come l'identificativo dell'account da utilizzare, sia quelli specifici del caso) e un identificatore univoco associato.	
R-121-F-3	Opzionale	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta il suo stato corrente per quanto riguarda le email, con lo scopo di sincronizzarsi.	Non soddisfatto	R-122-F-3
Opzionale	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta il numero massimo di identificatori di email che desidera ricevere come risposta, con lo scopo di sincronizzarsi.	Non soddisfatto	R-123-F-3	Opzionale
È necessario che il client riceva una risposta che contiene le informazioni di cui ha bisogno per sincronizzarsi (come lo stato corrente del server, un flag booleano che indica se ci sono ulteriori cambiamenti)	Non soddisfatto	R-124-F-3	Opzionale	Un client di posta elettronica utilizzato da un utente per interagire con il server deve avere la possibilità di mantenersi sincronizzato con gli ultimi aggiornamenti per quanto riguarda le cartelle.

nel server relativi ai dati di tipo Email, oltre a quelli già restituiti nella risposta corrente, e la lista delle email da creare/modificare/eliminare per sincronizzarsi)				
Non soddisfatto	R-125-F-3	Opzionale	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta l'identificazione delle capacità necessarie alla sincronizzazione delle cartelle.	Non soddisfatto
R-126-F-3	Opzionale	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta le chiamate di metodo necessarie alla sincronizzazione delle cartelle, con relativi parametri (sia quelli comuni, come l'identificativo dell'account da utilizzare, sia quelli specifici del caso) e un identificatore univoco associato.	Non soddisfatto	R-127-F-3
Opzionale	È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta il suo stato corrente per quanto riguarda le cartelle, con lo scopo di sincronizzarsi.	Non soddisfatto	R-128-F-3	Opzionale
È necessario che il client inserisca all'interno della richiesta il numero massimo di identificatori	Non soddisfatto	R-129-F-3	Opzionale	È necessario che il client riceva una risposta che contiene le informazioni di cui ha bisogno per sincronizzarsi (come lo stato corrente del server, un flag booleano che indica se ci sono ulteriori cambiamenti nel server

di cartelle che desidera ricevere come risposta, con lo scopo di sincronizzarsi.				relativi ai dati di tipo Mailbox, oltre a quelli già restituiti nella risposta corrente, e la lista delle cartelle da creare/modificare/eliminare per sincronizzarsi)
Non soddisfatto				

Tabella 9: Stato dei requisiti funzionali

5.1) Grafici riassuntivi

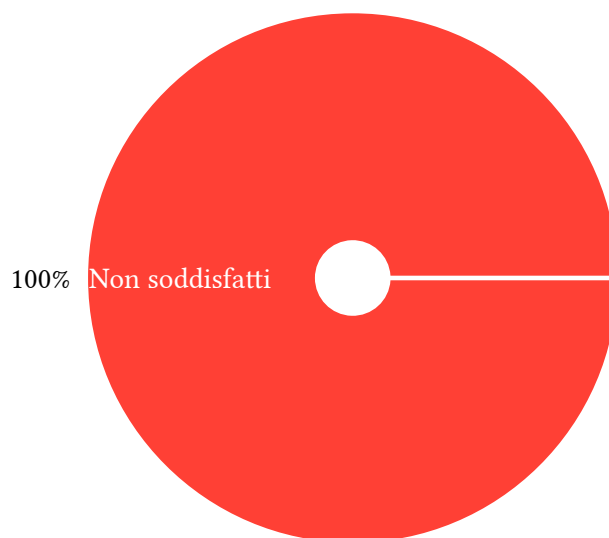


Figura 6: Stato dei requisiti funzionali totali

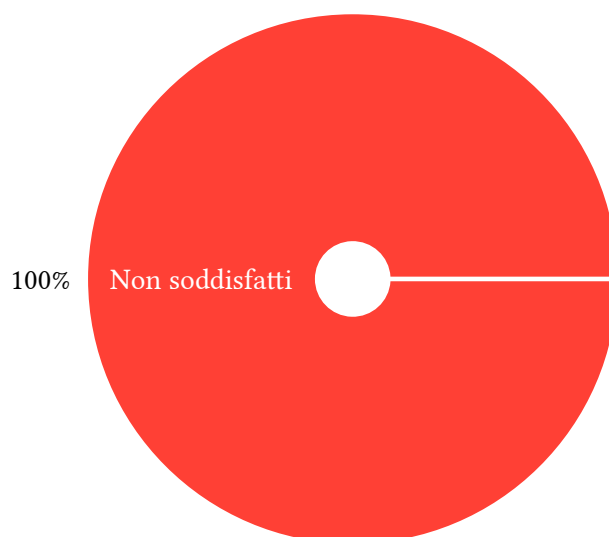


Figura 7: Stato dei requisiti funzionali obbligatori

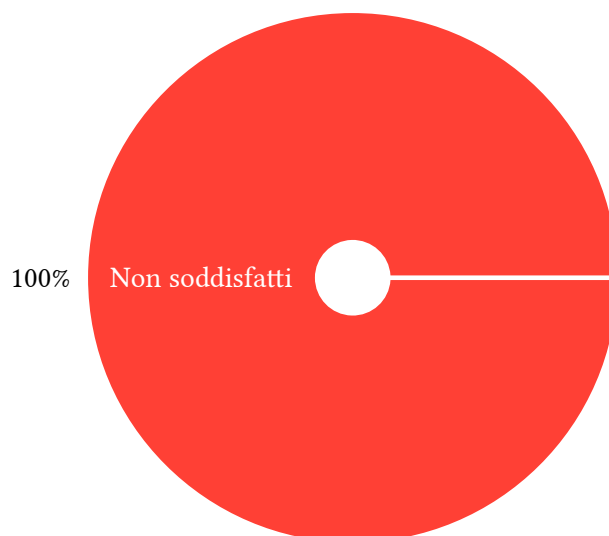


Figura 8: Stato dei requisiti funzionali desiderabili

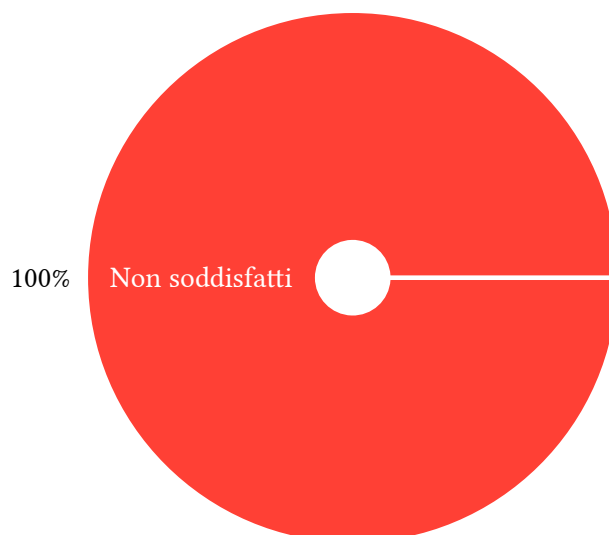


Figura 9: Stato dei requisiti funzionali opzionali