

Specifiche per il Progetto di Laboratorio di Sistemi Operativi

Tutor:

Matteo Trentin - matteo.trentin2@unibo.it

Alfonso Esposito - alfonso.esposito6@unibo.it

Michele Persiani - michele.persiani4@unibo.it

Anno Accademico 2024 - 2025

Questo documento contiene le specifiche del progetto del corso di Sistemi Operativi, per la Laurea in Informatica per il Management dell'Università di Bologna, anno accademico 2024-2025. Questa è la versione 1.0 di questo documento; questo numero verrà aggiornato in caso di future modifiche e correzioni.

Eventuali modifiche o note sulle specifiche verranno comunicate tramite la bacheca ufficiale del corso su Virtuale.

In qualsiasi momento è possibile prenotare un ricevimento con i tutor in presenza o su Teams; il ricevimento va prenotato via email, contattando uno dei tutor, o all'indirizzo matteo.trentin2@unibo.it, o all'indirizzo alfonso.esposito6@unibo.it o all'indirizzo michele.persiani4@unibo.it.

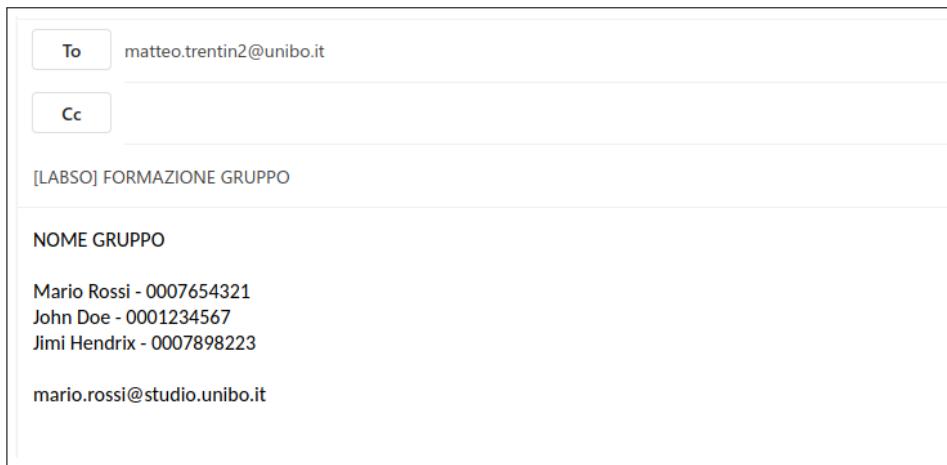
1 Gruppi

I gruppi devono essere costituiti da tre (3) o quattro (4) persone. Gruppi da cinque (5) persone sono considerati un caso limite, e in fase di orale ogni partecipante verrà esaminato su tutto il progetto.

Gli studenti intenzionati a sostenere l'esame devono comunicare entro il **31 maggio 2025** la composizione del gruppo via email. Questa deve essere inviata dall'indirizzo istituzionale (@studio.unibo.it) *a tutti e tre i tutor*.

La mail deve avere come oggetto **[LABSO] FORMAZIONE GRUPPO** e contenere:

- Il nome del gruppo
- Per ogni componente: nome, cognome, numero di matricola
- Un indirizzo email di riferimento a cui inviare notifiche. È responsabilità del referente trasmettere le comunicazioni al resto del gruppo.



Esempio di email di formazione gruppo

Chi non riuscisse a trovare un gruppo può inviare una mail con oggetto **[LABSO] CERCO GRUPPO**, specificando:

- Nome, cognome, numero di matricola
- Eventuali preferenze legate a tempi di lavoro. Si cercherà di costituire gruppi di persone con tempi di lavoro compatibili, nel limite delle possibilità.



Esempio di email di ricerca gruppo

Le persone senza un gruppo vengono assegnate il prima possibile **senza possibilità di ulteriori modifiche**. Per tale motivo è caldamente consigliato rivolgersi al tutor per la ricerca di un gruppo come *ultima* soluzione.

1.1 Repository

Il codice sorgente dei progetti dovrà essere caricato come repository su GitHub¹ o GitLab².

Il repository deve essere **privato** e deve avere il nome LABSO_<NOME GRUPPO>.

Sul repository va caricato **il codice del progetto**; non sono accettati repository contenenti, ad esempio, un file .zip con al suo interno il progetto. Sul repository può essere caricata anche la documentazione del progetto, ma non è obbligatorio.

1.1.1 GitHub

1. Ogni membro del gruppo crea un account su GitHub (a meno che non ne abbia già uno).

¹<https://github.com/>

²<https://gitlab.com>

2. Il referente del gruppo crea un nuovo progetto cliccando su “+” → “**New repository**” nella barra superiore della schermata principale di GitHub. Inserisce **LABSO_<NOME_GRUPPO>** come nome del progetto, imposta il repository come privato e clicca su “**Create repository**”.
3. Il referente aggiunge ogni membro del gruppo al repository. Per fare ciò, dal menu del repository seleziona “**Settings**” → “**Collaborators**” e in seguito clicca su “**Add people**”. Nella schermata di invito membri, il referente cerca ciascun membro col nome utente con cui quest’ultimo è iscritto a GitHub e clicca su “**Add <username> to this repository**”.

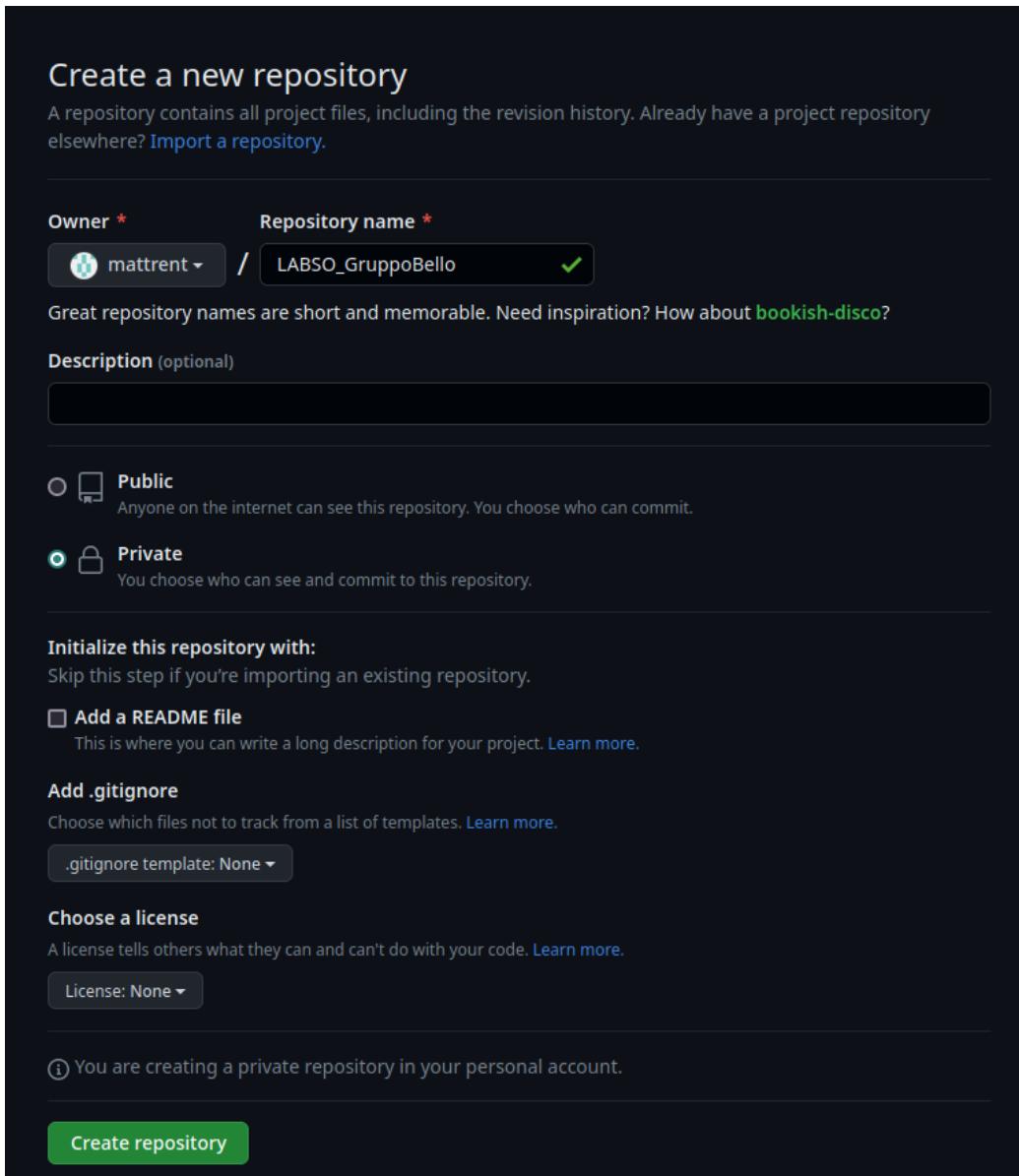


Figure 1: Schermata di creazione progetto su GitHub

1.1.2 GitLab

1. Ogni membro del gruppo crea un account su GitLab (a meno che non ne abbia già uno).

2. Il referente del gruppo crea un nuovo progetto cliccando su “+” → “**New project/repository**” nella barra superiore della schermata principale di GitLab e selezionando “**Create blank project**”. Inserisce **LABSO_<NOME_GRUPPO>** come nome del progetto, imposta il repository come privato e clicca su “**Create project**”.
3. Il referente aggiunge ogni membro del gruppo al repository. Per fare ciò, dal menu del repository seleziona “**Project information**” → “**Members**” e in seguito clicca su “**Invite members**”. Nella schermata di invito membri, il referente cerca ciascun membro col nome utente con cui quest’ultimo è iscritto a GitLab, seleziona come ruolo **Developer** e clicca su “**Invite**”.

Projects > New project > Create blank project

Create blank project

Create a blank project to store your files, plan your work, and collaborate on code, among other things.

Project name
LABSO_GruppoBello

Must start with a lowercase or uppercase letter, digit, emoji, or underscore. Can also contain dots, pluses, dashes, or spaces.

Project URL
https://gitlab.com/mattrent/

Project slug
labso_gruppobello

Want to organize several dependent projects under the same namespace? [Create a group](#).

Project deployment target (optional)
Select the deployment target

Visibility Level [?](#)
 Private
 Project access must be granted explicitly to each user. If this project is part of a group, access is granted to members of the group.
 Public
 The project can be accessed without any authentication.

Project Configuration

Initialize repository with a README
 Allows you to immediately clone this project's repository. Skip this if you plan to push up an existing repository.

Enable Static Application Security Testing (SAST)
 Analyze your source code for known security vulnerabilities. [Learn more](#).

Create project **Cancel**

Figure 2: Schermata di creazione progetto su GitLab

2 Progetto

2.1 Funzionalità

Il progetto richiede di implementare un’architettura peer-to-peer dove più peers possono richiedere risorse tra di loro attraverso un nodo centrale master.

Ogni nodo peer potrà:

- Mettere a disposizione una lista di risorse accessibili per il download da altri peers.
- Registrarsi al master indicando le risorse rese disponibili.
- Richiedere al master la lista di altri peers.
- Richiedere al master quali peer hanno una determinata risorsa.
- Richiedere l'accesso ad un altro peer e scaricare le risorse in locale.
- Cercare e scaricare una risorsa dalla rete (il master seleziona da quale peer scaricarla).

Il nodo master potra:

- Mettere a disposizione la lista dei peers e delle risorse sulla rete.
- Indirizzare i peers verso altri peers con le risorse richieste.
- Aggiornare le proprie informazioni riguardo alle risorse possedute dai nodi peers.

Per permettere il corretto funzionamento del sistema, il master dovrà tenere traccia su una tabella locale di tutte le risorse appartenenti ai nodi peers.

Ad ogni creazione di un nuovo nodo peer, esso dovrà connettersi al master per comunicare la lista delle risorse possedute. Allo stesso modo, la creazione di una nuova risorsa all'interno di un nodo dovrà essere notificata al master.

Le risorse possedute da un singolo nodo hanno un nome univoco ma possono esistere diverse risorse con lo stesso nome tra diversi nodi appartenenti al sistema. Per semplicità si possono pre-allocare le risorse all'interno dei nodi. Si può usare, per esempio, una cartella locale contenente files di testo, o un singolo file contenente i nomi delle risorse possedute.

Sono presenti due importanti meccanismi sincronizzati, uno operante sul master ed uno sui peers. Ogni qual volta che il nodo master deve aggiornare le proprie informazioni riguardo alle risorse possedute dai nodi peers, ogni altra richiesta al master deve rimanere in attesa finché tale lista non sarà nuovamente disponibile (i.e. aggiornamento della tabella dei files e utilizzo di tale tabella avviene in modo mutualmente esclusivo). Analogamente, ogni

richiesta che il nodo peer effettua verso un’altro nodo, ad esempio per accedere ad una determinata risorsa, deve avvenire in maniera mutualmente esclusiva e tutte le altre richieste indirizzate al medesimo nodo devono rimanere in attesa del completamento delle altre richieste. In particolare, ogni richiesta effettuata ai nodi A e B che stanno comunicando, altre eventuali richieste sul nodo B devono rimanere in attesa (i.e. i peers servono una richiesta per volta, accodando e mettendo in attesa le altre). Quindi, tutti i comandi relativi a questo tipo di operazioni non dovranno terminare con errori, e rimarranno invece in attesa.

Siccome il master potrebbe non avere ad ogni istante la lista corretta delle risorse sulla rete (per esempio, per operazioni concorrenti di richiesta delle risorse sul master, rimozione della risorsa sul nodo peer, o quando un peer si disconnette) è richiesto un protocollo robusto di download. Un nodo peer dovrà scaricare una risorsa, dovrà richiedere al master a che peer connettersi, se questo peer non ha più la risorsa richiesta il primo peer dovrà riconnettersi di nuovo al master, richiedere un altro nodo che possiede la risorsa e ripetere la procedura di download. Questa procedura dovrà ripetersi finché o un nodo con la risorsa richiesta è stato trovato e la risorsa scaricata, o il master non ha altri nodi da proporre al client che deve scaricare la risorsa, ed in questo caso deve ritornare che la risorsa non è disponibile sulla rete. Ogniqualvolta il peer torna al master per chiedergli un nuovo peer da cui scaricare la risorsa, il master dovrà aggiornare la tabella delle risorse eliminando l’entry relativa al tentativo di download fallito.

2.2 Requisiti implementativi

2.2.1 Linguaggio

Il progetto deve essere implementato in Java (ultima version LTS: Java SE 24). La comunicazione di rete è implementata attraverso i socket. Il progetto deve essere diviso in un’applicazione Client e un’applicazione Master, che implementino le funzionalità descritte nella sezione [2.1](#).

2.2.2 Client

Il peer viene avviato da linea di comando e richiede come parametri l’indirizzo IP e la porta del master a cui connettersi, ad esempio:

```
java Client 127.0.0.1 9000
```

Se il master non è raggiungibile all'indirizzo e alla porta specificati, il comando restituisce un messaggio di errore. Se la connessione va a buon fine, il client rimane in attesa delle istruzioni dell'utente.

Una volta connesso al master, ogni peer ha a disposizione i seguenti comandi interattivi:

- Il comando **listdata local** ritorna una lista di tutte le risorse possedute dal client.

```
> listdata local
Risorse:
- R0
- R1
- R2
- ...
```

- Il comando **listdata remote** ritorna una lista di tutte le risorse possedute dai peers della rete.

```
> listdata remote
Risorse:
- R0: peer0, peer3, ...
- R1: peer1, peer0, ...
- R2: peer2, ...
```

- Il comando **quit** arresta il client, le risorse non vengono eliminate dalla tabella del master ma non saranno più accessibili.
- Il comando **add <nome risorsa> <contenuto>** aggiunge una risorsa al peer. Il peer dovrà quindi notificare il master che le risorse da lui possedute sono cambiate.
- Infine, il comando **download <nome risorsa>** implementa il meccanismo di download, richiedendo al master chi possiede la risorsa, per poi scaricarla dal peer corretto.

Quando il client viene chiuso dovrà anche prima comunicare al master che si sta sconnettendo dalla rete.

La sessione interattiva del client non deve interrompere il suo funzionamento all'interno della rete peer-to-peer.

2.2.3 Master

Il master viene avviato da linea di comando, e accetta come unico parametro la porta su cui restare in ascolto, ad esempio:

```
java Master 9000
```

I comandi richiesti per il **nodo master** sono i seguenti:

- Il comando **listdata** ritorna l'elenco di tutte le risorse disponibili, similmente a **listdata remote** per il client.
- Il comando **log** ritorna la lista di tutte le richieste di download, da chi e verso chi, e se sono andate a buon fine.

```
> log
Risorse scaricate:
- 13:00 R0 da: peer0 a: peer1
- 13:01 R1 da: peer1 a: peer0
- 13:02 R2 da: peer0 a: peer1
```

- Il comando **quit** arresta il master.

La sessione interattiva del master non deve interrompere il suo funzionamento all'interno della rete peer-to-peer.

2.3 Documentazione

La documentazione è parte integrante del progetto. Non vi sono vincoli sugli strumenti utilizzati per redigere la documentazione (e.g. LaTeX, MS Word, Google Docs, etc.), l'importante è che al termine della stesura venga consegnato un file **PDF** e che tale file rispetti i requisiti descritti in questa sezione. La documentazione deve avere una lunghezza di **almeno 10 pagine** (intese come facciate), compresa l'intestazione, e deve essere scritta con **font di grandezza 12pt**. Il limite di pagine è un *lower bound*: non esiste un *upper bound* per la lunghezza della documentazione, che può quindi essere lunga a piacimento.

2.3.1 Struttura della documentazione

L'intestazione della documentazione deve avere titolo “Laboratorio di Sistemi Operativi A.A. 2024-25” e deve contenere

- Il nome del gruppo
- L'indirizzo email del referente del gruppo
- Per ogni componente del gruppo:
 - Nome, cognome, matricola

Il corpo della documentazione deve coprire almeno i seguenti argomenti:

1. Descrizione del progetto consegnato:
 - (a) Architettura generale: visione **di alto livello** di quali sono le componenti in gioco, di come interagiscono tra loro e delle informazioni che si scambiano per far funzionare il progetto. In questa sezione sono particolarmente utili degli **schemi**.
 - (b) Descrizione dettagliata delle singole componenti:
 - Client, master e relativa suddivisione dei compiti
 - Sotto-componenti di client e master: thread, unità logiche, etc.
 - Se necessaria, descrizione delle classi fondamentali e dei loro metodi principali
 - (c) Suddivisione del lavoro tra i membri del gruppo
2. Descrizione e discussione del processo di implementazione:
 - (a) **Descrizione dei problemi** e degli ostacoli incontrati durante l'implementazione, con discussione e giustificazione delle **soluzioni adottate** e di eventuali **soluzioni alternative**. In particolare:
 - Problemi legati alla concorrenza: quali sono le risorse condivise, quando e perché si rende necessaria la mutua esclusione, etc.
 - Problemi legati al modello client-server: come vengono instaurate, mantenute e chiuse le connessioni, cosa succede in caso di interruzioni anomale del client o del server, etc.

- (b) Descrizione degli strumenti utilizzati per l'organizzazione. In particolare, applicazioni, piattaforme, servizi utilizzati per:
- Sviluppare il progetto (e.g. Eclipse, IntelliJ IDEA, Visual Studio Code, etc.)
 - Comunicare tra i membri del gruppo (e.g. Teams, Discord, etc.)
 - Condividere il codice prodotto (e.g. come avete usato GitLab).
 - Tenere traccia del lavoro svolto, del lavoro rimasto da svolgere, delle decisioni ad alto livello prese dal gruppo, etc. (e.g. Google Docs, Trello, etc.)
3. Requisiti e istruzioni passo-passo per compilare e usare le applicazioni consegnate
- Sono graditi esempi degli output attesi per ogni comando
 - Se presenti, descrizione delle estensioni implementate e di come usarle

L'organizzazione delle sezioni non deve per forza rispecchiare esattamente quella appena riportata. Per esempio, è possibile trattare un argomento in più sezioni, o trattare più argomenti nella stessa sezione. È anche possibile aggiungere informazioni non esplicitamente richieste nell'elenco qualora fossero utili. L'importante è che *almeno* i contenuti elencati siano *facilmente* rintracciabili nel corpo della documentazione.

2.3.2 Scopo della documentazione

La documentazione deve puntare a dare al lettore una visione chiara di come funziona il progetto e di come sono stati affrontati gli ostacoli di implementazione, *senza* che il lettore debba conoscere il codice sorgente. I rimandi al codice (e.g. “Vedi `Server.java`, righe 150-155”) sono apprezzati, ma il codice sorgente *non* deve sostituire la documentazione. Dall'altro lato, la documentazione non deve essere una semplice ripetizione delle specifiche. Per la natura del progetto è pressoché scontato che ci sia (ad esempio) una classe del server in cui vengono ricevute le richieste del client, o una classe in cui vengono gestiti i topic, etc. Quello su cui la documentazione deve concentrarsi è *cosa* accade quando arriva una richiesta, *come* sono gestiti i topic, etc. nella *vostra particolare implementazione* delle specifiche.

3 Consegnna del progetto

Al momento della consegna, occorre creare un tag di nome **Consegna** all'interno del proprio repository. Le modalità di creazione del tag sono definite ai seguenti indirizzi:

- Per progetti caricati su **GitHub**: <https://docs.github.com/en/repositories/releasing-projects-on-github/managing-releases-in-a-repository>, nella sezione “**Creating a release**”. La release sarà anch'essa chiamata **Consegna**.
- Per progetti caricati su **GitLab**: <https://docs.gitlab.com/ee/user/project/repository/tags/>, nella sezione “**Create a tag**”. È essenziale aggiungere un messaggio qualsiasi *non vuoto* per annotare il tag con la data e l'ora della creazione.

I tutor dovranno essere aggiunti come Collaborator (se il progetto è su GitHub) o Reporter (se il progetto è su GitLab) del repository, seguendo la stessa modalità descritta in sezione 1.1. Questa operazione può anche essere svolta subito prima della consegna, ma è necessaria per rendere accessibile il codice. Gli account da aggiungere sono:

- **mattrent** sia su GitHub (<https://github.com/mattrent>), sia su GitLab (<https://gitlab.com/mattrent>)
- **alf093** su GitHub (<https://github.com/alf093>)
- **michele-persiani** su GitHub (<https://github.com/michele-persiani>)

Una volta fatto ciò, notificare la consegna al tutor inviando un'email a **matteo.trentin2@unibo.it** con oggetto **[LABSO] CONSEGNA < NOME GRUPPO >**. La mail dovrà includere:

- L'indirizzo del repository
- In allegato, un file PDF di nome **DOCUMENTAZIONE.pdf**, contenente la documentazione del progetto

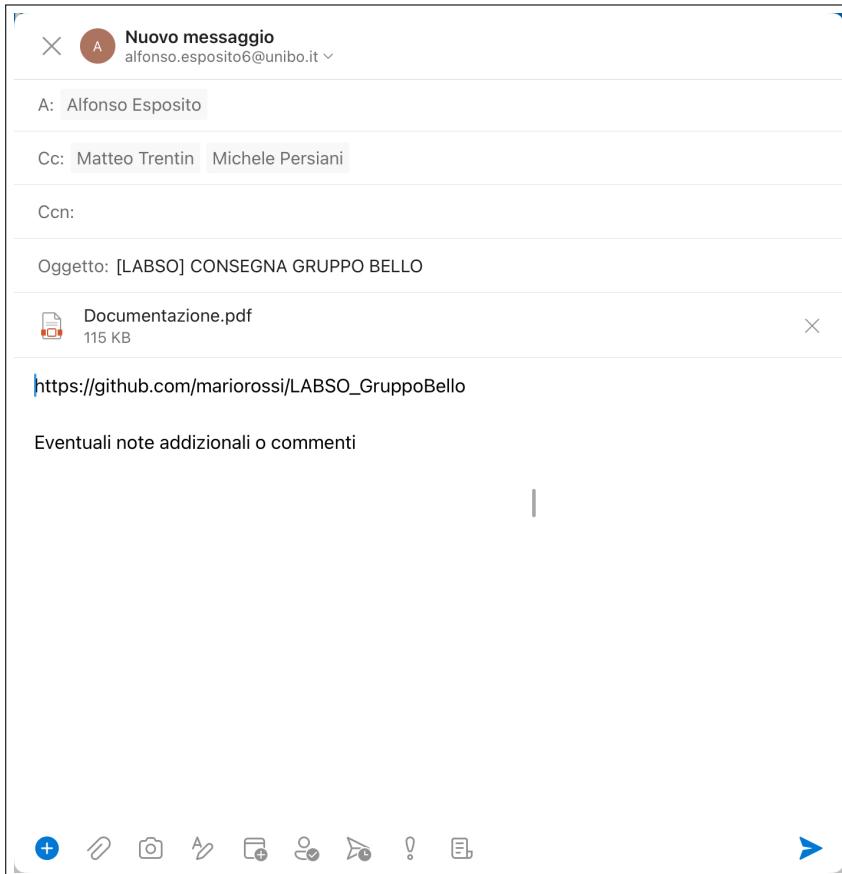


Figure 3: Esempio di email di notifica di consegna

Sono presenti quattro appelli per la consegna del progetto, con le rispettive scadenze:

- Lunedì **23 Giugno 2025** (23/06/2024), ore 23:59.
- Lunedì **21 Luglio 2025** (21/07/2024), ore 23:59.
- Lunedì **29 Settembre 2025** (29/09/2024), ore 23:59.
- Lunedì **10 Novembre** (10/11/2025), ore 23:59.

Su AlmaEsami è presente un appello per ciascuna di queste scadenze. Il voto finale è individuale, per cui *tutti* i membri del gruppo sono tenuti

ad iscriversi su AlmaEsami all'appello in cui il gruppo intende discutere il progetto.

N.B. La data dell'appello su AlmaEsami corrisponde alla data di scadenza, non alla data di discussione.

4 Discussione

In seguito alla consegna, il luogo, la data e l'ora della discussione verranno fissati e comunicati al referente del gruppo. Solitamente, la discussione avviene entro due settimane dalla scadenza di consegna. La discussione consiste in:

- Una breve demo del progetto implementato, che può essere effettuata indifferentemente su rete locale (client e server eseguono sulla stessa rete e/o macchina) o su internet (ad esempio avviando da remoto il server su una macchina di laboratorio).
- Alcune domande ai membri del gruppo sull'implementazione del progetto, l'organizzazione del lavoro e i contributi personali di ciascuno. Durante questa fase verrà richiesto di mostrare e spiegare frammenti di codice sorgente.

Siccome la discussione prevede di dimostrare il proprio progetto e spiegare il proprio codice, è consigliabile (benché non obbligatorio) che il gruppo si presenti in sede di discussione con un proprio portatile.

Al termine della discussione, ad ogni membro del gruppo viene assegnato un punteggio da 0 a 8 in base all'effettivo contributo alla realizzazione del progetto dimostrato in sede di discussione. Questo punteggio si somma alla valutazione del progetto (vedi Sezione 5.4) per determinare il voto finale in trentesimi di ogni singolo membro del gruppo.

5 Griglie di Valutazione

5.1 Implementazione

La valutazione dell'implementazione del progetto si basa sull'analisi del codice Java, sull'implementazione corretta delle specifiche e sull'uso dei costrutti del linguaggio per la creazione di soluzioni efficienti e tolleranti ai guasti.

Da questo punto di vista, l'obiettivo fondamentale del progetto è quello di dimostrare che i membri del gruppo sono in grado di:

- Utilizzare il multithreading per gestire situazioni in cui molti processi (e.g. più letture contemporanee) devono poter eseguire simultaneamente.
- Riconoscere quando una struttura dati è una risorsa condivisa, ovvero quando viene acceduta concorrentemente da più thread, e individuare i problemi di concorrenza associati.
- Adottare di conseguenza i costrutti di mutua esclusione e sincronizzazione adeguati al caso.

Un progetto in cui non viene fatto uso di alcun costrutto di sincronizzazione è pertanto automaticamente insufficiente, così come un progetto che evita i problemi di concorrenza eseguendo tutta la logica applicativa su un solo thread (nonostante nella vita reale questa sia una strada assolutamente percorribile).

La valutazione tiene conto anche di aspetti esterni alla programmazione intesa in senso stretto, come la ripartizione e l'organizzazione del lavoro all'interno del gruppo, la qualità del processo di implementazione e la tracciabilità degli artefatti di sviluppo. In particolare, una ripartizione precisa dei compiti all'interno del gruppo è importante. Questo non significa che più membri del gruppo non possono collaborare o non devono sapere nulla l'uno del codice degli altri, ma significa che ciascun componente è l'esperto di una (o più) parti circoscritte del progetto (e.g. gestione della connessione client-server, gestione dei comandi dell'utente, etc.) e se ne assume la responsabilità. Per ciascuno degli aspetti riportati nella seguente tabella viene assegnato un punteggio da 0 (insufficiente) a 8 (ottimo).

CRITERIO	DESCRIZIONE
Rispetto delle specifiche	Il progetto implementa correttamente le funzionalità descritte in Sezione 2.1 e rispetta i requisiti di Sezione 2.2.
Qualità del codice	Il gruppo usa correttamente i costrutti e le strutture dati offerti da Java per gestire concorrenza e distribuzione. Gestione adeguata di eccezioni e casi limite. Il codice è leggibile e ben commentato.

5.2 Documentazione

La valutazione della documentazione verte sull'analisi dello scritto e sulla sua capacità di descrivere con chiarezza il prodotto consegnato, i problemi riscontrati durante l'implementazione e le soluzioni adottate, **soprattutto grazie all'uso di esempi**. Per ciascuno degli aspetti riportati nella seguente tabella viene assegnato un punteggio da 0 (insufficiente) a 4 (ottimo).

CRITERIO	DESCRIZIONE
Qualità dell'informazione	La documentazione fornisce una descrizione chiara e completa del progetto implementato e del processo di implementazione.
Uso di esempi	Presenza di esempi (narrativi, grafici, etc.) utili alla comprensione delle scelte implementative del gruppo o di scenari d'uso specifici.
Analisi delle scelte implementative	Individuazione e descrizione dei problemi incontrati durante l'implementazione, con particolare enfasi sui problemi legati alla concorrenza e alla distribuzione. Discussione delle soluzioni adottate e di soluzioni alternative valide.

5.3 Organizzazione del lavoro nel gruppo

Una voce aggiuntiva riguarda la distribuzione del lavoro all'interno del gruppo, nello specifico:

- La divisione dei compiti è ben delineata ed omogenea
- Ciascun membro del gruppo è capace di indicare e spiegare i propri contributi
- Il processo di implementazione è ben delineato e tracciabile.

A questa voce viene assegnato un punteggio da 0 (insufficiente) a 6 (ottimo).

5.4 Voto di progetto e voto finale

I punteggi relativi a ciascuno degli aspetti descritti in questa sezione vengono sommati per ottenere un punteggio di base che va da 0 a 34. Terminata la discussione, a questo punteggio si somma il punteggio individuale ottenuto

da ciascun membro del gruppo. Il risultato è un punteggio da 0 a 42 per ogni membro, che corrisponde al suo voto individuale di progetto. Un punteggio pari o superiore a 31/42 corrisponde a 30 e Lode.

Il voto finale del corso viene calcolato a partire dal voto di progetto e dal voto dello scritto. Per maggiori dettagli sulla modalità di calcolo e di verbalizzazione del voto finale, fare riferimento alla pagina web del Prof. Sangiorgi: <http://www.cs.unibo.it/~sangio/>.