



UNIVERSITÀ DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria e Scienza dell'Informazione

Corso di Laurea in Informatica

ELABORATO FINALE

PIATTAFORMA WEB PER PROGETTO SANBAPOLIS

Supervisore

Prof. Paolo Bouquet

Laureando

Dario Tortorici

Anno accademico 2022/2023

Ringraziamenti

Innanzitutto, vorrei ringraziare il professor Paolo Bouquet per il suo prezioso sostegno durante il mio tirocinio e la stesura della tesi. Desidero anche esprimere la mia profonda gratitudine alla mia famiglia per il loro costante sostegno nelle decisioni intraprese per la mia vita. Un caloroso ringraziamento va anche ai miei amici, sia quelli di lunga data che quelli più recenti. A volte, sembra che credano in me più di quanto io creda in me stesso. Le loro parole e le esperienze condivise hanno contribuito in modo significativo alla mia crescita personale durante questo percorso.

Indice

Sommario	3
1 Introduzione	4
1.1 Contestualizzazione del problema	4
1.1.1 iSTAR e le sue iniziative	4
1.2 Scopo della tesi	4
1.3 Attuale gestione degli impianti	4
1.4 Risorse a disposizione al palazzetto	4
1.5 Obiettivi di sviluppo	5
1.6 Stato dell'arte	5
1.6.1 Palazzetti	6
1.6.2 Trasporto telecamere	6
1.6.3 Servizi competitors	6
2 Progettazione e sviluppo del sistema	8
2.1 Gruppo di lavoro	8
2.1.1 Metodologia di lavoro	8
2.2 Architettura del sistema	8
2.2.1 Hardware	8
2.2.2 Software	8
2.2.3 Protocolli di comunicazione	10
2.2.4 Configurazione del server	11
2.3 Deployment flow	11
2.4 Business logic	12
2.4.1 Personas	12
2.4.2 Registrazione Personas	12
2.4.3 Gestione dei permessi	13
2.4.4 Gestione delle sessioni d'allenamento	13
2.4.5 Registrazione e tracciamento eventi	14
2.4.6 Durante le sessioni di allenamento	14
2.4.7 Revisione delle sessioni d'allenamento	15
2.5 Problemi di sviluppo	15
3 Test e validazione del sistema	16
3.1 Pianificazione ed esecuzione dei test	16
3.1.1 Test di unità	16
3.1.2 Test di integrazione	16
3.1.3 Test delle API	16
3.1.4 Test di carico	16
3.2 Analisi dei dati raccolti durante l'implementazione e i test	18
3.3 Criticità riscontrate	18
3.4 Valutazione degli obiettivi prefissati	18

4 Conclusioni	19
4.1 Riassunto dei principali risultati	19
4.2 Possibili sviluppi futuri e suggerimenti per migliorare il sistema	19
Bibliografia e Sitografia	19

Sommario

La tesi si concentra sullo sviluppo di una piattaforma web volta a semplificare la gestione delle registrazioni delle sessioni di allenamento nel contesto sportivo, con l'obiettivo di creare un'infrastruttura tecnologica in grado di agevolare le società coinvolte. La sfida principale affrontata è stata lo sviluppo di un sistema in grado di automatizzare la registrazione delle sessioni d'allenamento, superando le difficoltà legate alla gestione dei dati, all'archiviazione e alla connettività di rete. Durante il tirocinio, è stato realizzato un prototipo funzionante della piattaforma utilizzando tecnologie web come Apache e MySQL, insieme a framework esterni come FullCalendar e FFmpeg. I test condotti hanno dimostrato l'efficacia del sistema nella registrazione delle sessioni d'allenamento e nell'offerta di servizi di live streaming agli allenatori. Tuttavia, sono emerse alcune limitazioni, soprattutto legate all'archiviazione dei dati e alla connettività di rete. Il contributo personale del laureando si è concentrato sulla progettazione e lo sviluppo del sistema, sulla gestione dei dati e sulla ricerca di soluzioni per superare le sfide riscontrate. In conclusione, la tesi ha avuto successo nel creare una piattaforma web applicabile a qualsiasi palazzetto, che costituisca una base solida per lo sviluppo futuro di funzionalità avanzate del sistema. Le competenze acquisite durante il tirocinio, sia dal punto di vista tecnico che gestionale, rappresentano un prezioso contributo per la futura carriera professionale del laureando.

1 Introduzione

1.1 Contestualizzazione del problema

Nell'attuale società dell'informazione, l'integrazione dei sistemi informatici nel settore sportivo offre notevoli opportunità per migliorare l'efficacia e l'efficienza sia durante le performance degli atleti che durante le sessioni di allenamento. Tuttavia gli impianti sportivi, nella loro progettazione tradizionale, non sono concepiti per fungere da laboratori di analisi dati.

1.1.1 iSTAR e le sue iniziative

Il gruppo SporTech di cui ho fatto parte, rappresenta un'iniziativa promossa da i-STAR (Istituto per la Ricerca Scientifica e Tecnologica nello Sport) [8]. L'obiettivo di questo è affermarsi come polo di eccellenza nel settore della ricerca scientifica e innovazione tecnologica applicate all'ambito sportivo. Il fulcro di tali iniziative è l'uso avanzato dei sistemi informatici per fornire un supporto completo all'allenamento.

Le strutture sportive designate per ospitare le Olimpiadi Invernali Milano-Cortina 2026 rappresentano l'occasione perfetta per mettere in pratica tali servizi all'avanguardia in impianti ancora in costruzione. All'interno di questo contesto, il progetto Sanbapolis svolge un ruolo cruciale come terreno di prova per affrontare e comprendere le sfide infrastrutturali connesse con questa autentica rivoluzione digitale nell'ambito sportivo.

1.2 Scopo della tesi

Lo scopo di questa tesi è sviluppare un sistema informatico per l'automatizzazione degli attuali processi che interessano i palazzetti, ossia in dettaglio costruire una piattaforma che fornisca la possibilità allo staff tecnico di registrare e tracciare in modo automatizzato le sessioni di allenamento dei loro giocatori, facilitando così il lavoro degli allenatori e permettendo una revisione efficace delle prestazioni catturate, il tutto senza gravare sul lato amministrativo della struttura. La piattaforma è stata progettata per soddisfare le esigenze del palazzetto Sanbapolis, ma il prodotto è stato strutturato in modo da essere adattabile ed esportabile anche ad altri impianti.

1.3 Attuale gestione degli impianti

Nel contesto delle strutture sportive, il responsabile dell'impianto svolge un ruolo chiave nell'assegnazione del palazzetto e delle attrezzature alle varie squadre che lo utilizzano. Poiché spesso mancano le risorse in loco o non è presente un'adeguata infrastruttura informatica, le squadre stesse devono occuparsi del trasporto e dell'installazione delle attrezzature video necessarie per registrare le loro sessioni di allenamento. In particolare nel palazzetto situato vicino allo studentato, il responsabile della manutenzione, nonché organizzatore principale della struttura, si occupa di creare all'inizio di ogni stagione un calendario per le sessioni di allenamento delle diverse squadre presenti, che viene successivamente inviato alle società interessate. È importante sottolineare che le società coinvolte sono le stesse ogni anno, e tra queste figurano anche squadre professionistiche di alto livello, come l'Aquila Basket e il Trentino Volley Femminile, che usufruiscono del palazzetto quasi quotidianamente.

1.4 Risorse a disposizione al palazzetto

Il palazzetto, gestito da Opera Universitaria [20], è stato munito di diverse tecnologie per poter raggiungere i nostri obiettivi e condurre ricerche approfondite. In particolare la struttura è stata attrezzata di:

- Tre telecamere posizionate sul soffitto che offrono una visione dall'alto completa del campo, consentendo una prospettiva insolita ma estremamente utile, poiché priva di ostruzioni visive create dai giocatori in movimento. Queste telecamere risultano efficaci sia per l'analisi dei dati (come ad esempio nella generazione "heatmap di movimento", ovvero mappe di calore che evidenziano le zone più frequentate del campo e i percorsi seguiti dai giocatori durante una partita), sia per ottenere una comprensione ottimale di determinati schemi di gioco, soprattutto nel contesto della pallavolo.
- Dieci telecamere disposte attorno al perimetro del campo consentono una visualizzazione accurata di porzioni specifiche del terreno di gioco, fornendo risorse fondamentali per analizzare azioni e schemi da diverse angolazioni. Questa configurazione offre una copertura visiva a 360 gradi e permette di scegliere su quali aree specifiche del campo concentrarsi. Ciascuna telecamera è stata posizionata in modo strategico per catturare azioni ed i punti cruciali del campo delle varie discipline (basket, pallavolo e calcio a 5), in modo da cogliere appieno le interazioni dinamiche tra i giocatori durante il gioco o la tattica di movimento della squadra.
- Sensori IoT dotati di tecnologia RFID che consentiranno la collezione di dati individuali delle prestazioni dei giocatori.

Le telecamere ed i sensori sono connessi alla stessa rete utilizzata dagli studenti che vivono nelle camere di Opera Universitaria. Questa rete ha una velocità di trasmissione di 100 Mbps. Inoltre, sul posto è disponibile un computer con una scheda grafica di alta qualità per gestire l'elaborazione in loco dei numerosi flussi video.

1.5 Obiettivi di sviluppo

1. Progettare l'architettura del sistema: Disegnare ed implementare l'architettura in modo che questa soddisfi i requisiti identificati nell'analisi dei requisiti [19] precedentemente svolta.
2. Manutenibilità e scalabilità: Selezionare le tecnologie ed i framework più adeguati per favorire la scalabilità e la manutenzione del sistema, dato lo sviluppo in staffetta che la natura del progetto prevede.
3. Implementazione della logica di business per le attività amministrative: Realizzare le funzionalità più comuni nei sistemi web, come il login, la registrazione degli utenti e la gestione delle sessioni utente.
4. Implementazione della logica di business per la gestione delle sessioni di allenamento: Sviluppare la logica per consentire la creazione, la modifica e la cancellazione delle prenotazioni per le sessioni di allenamento.
5. Implementazione della registrazione e del tracciamento delle sessioni di allenamento: Permettere agli allenatori la registrazione e il tracciamento delle sessioni di allenamento, senza attrezzatura esterna.
6. Conclusioni sulla ricerca e i risultati ottenuti: Trarre conclusioni sulle scoperte e valutare se i risultati ottenuti soddisfano gli obiettivi.
7. Sviluppi futuri e miglioramenti: Suggestire possibili sviluppi e miglioramenti delle funzionalità esistenti.

1.6 Stato dell'arte

Al momento esistono diverse casistiche inerenti all'utilizzo delle videocamere per registrare sessioni di allenamento, comprese diverse soluzioni commerciali già esistenti. Tuttavia, come si evince dalla figura 1.1 e 1.2 sia la nostra soluzione attuale che quella futura si differenziano dalle attuali presenti sul mercato.

1.6.1 Palazzetti

La ricerca di informazioni dettagliate sui palazzetti risulta spesso complessa in quanto gli impianti sono frequentemente gestiti direttamente dalle squadre che li utilizzano per gli allenamenti, e le dettagliate informazioni riguardo alle attrezzature presenti al loro interno non vengono solitamente rese pubbliche. Dalle ricerche che ho svolto in merito, si evince che anche in numerosi palazzetti protagonisti di partite professionistiche non sono presenti telecamere fisse installate. Poiché questi sono teatro di partite così importanti, i match vengono trasmessi in diretta da emittenti televisive, come ad esempio Rai Sport, che porta la propria troupe e telecamere. A causa di questa situazione, i gestori dei palazzetti non hanno un incentivo a investire nell'acquisto dell'infrastruttura di registrazione. Di conseguenza, durante gli allenamenti, spetta allo staff delle società trovare modi e mezzi per produrre i filmati richiesti.

Nel contesto universitario di cui facciamo inoltre parte, data la presenza dell'UniTrento Volley al Sanbapolis, è comune che manchi una struttura adeguata per registrare e trasmettere le partite con il supporto di telecamere multiple. A differenza dei college americani, dove l'agonismo e l'affluenza possono essere paragonabili agli incontri di livello professionistico, in questo contesto spesso si registra una carenza di risorse tecniche adeguate anche durante le partite.

1.6.2 Trasporto telecamere

La soluzione più comune attualmente è quella del trasporto mobile delle telecamere. Ogni squadra che desidera registrare e rivedere i propri allenamenti deve portarsi l'attrezzatura ad ogni sessione. In questo modo, possono catturare le riprese desiderate e poi utilizzarle per analizzare le prestazioni e migliorare le strategie di gioco.

Questa soluzione implica che lo staff debba concludere manualmente la registrazione, revisionarla e poi riavviarla per poter analizzare in diretta quanto appena accaduto. Inoltre, richiede che ogni squadra abbia le proprie telecamere e si prenda la responsabilità di trasportarle e configurarle durante gli allenamenti. Nonostante questa possa essere un'opzione versatile, perché permette di scegliere le proprie visuali e configurazioni, è onerosa e richiede un impegno extra da parte dello staff tecnico di ogni società, che potrebbe quindi decidere di fare a meno dei vantaggi che la revisione porta.

CONFRONTO TRASPORTO VIDEOCAMERE		
Processo Automatico	✓	✗
Spostare Videocamere	✗	✓
Revisione in diretta	✓	✗
Analisi dati		✗

Figura 1.1: Confronto con l'attuale soluzione di trasporto delle videocamere

1.6.3 Servizi competitors

Esistono aziende che consentono ai palazzetti di dotarsi delle proprie telecamere e di utilizzare i loro software proprietari, che sfruttano l'intelligenza artificiale per effettuare analisi dei dati e la generazione di statistiche, anche a livello individuale. È importante sottolineare che queste ultime utilizzano un approccio diverso dal nostro, in quanto le statistiche vengono calcolate tramite computer vision anziché

ottenere i dati direttamente dai sensori indossati dai giocatori. Questo approccio comporta sì un risparmio in termini di risorse hardware, ma riduce la qualità dei dati finali.

Playsight [16] Playsight offre due tipi di soluzioni, una completa ed una mobile. L'opzione completa adotta l'utilizzo di telecamere e software proprietari per generare video, fare streaming degli eventi, analisi prestazioni e regia automatica. La soluzione mobile invece permette allo staff di usufruire dei servizi della piattaforma senza bisogno di cablaggi o infrastrutture di rete, utilizzando degli smartphone come telecamere, dovendosi, come nelle odierne soluzioni, preoccupare di manualmente configurare le loro disposizioni sul campo. Entrambe le soluzioni prevedono, al di là dell'acquisto facoltativo delle telecamere, il pagamento di un abbonamento alla piattaforma.

Veo [21] Veo è un'azienda danese che fornisce una all-in-one camera, capace di registrare e fare dirette, con regia automatica ed analisi dati. Essendo un pacchetto unico, si è quindi obbligati ad acquistare almeno una videocamera per usufruire dei servizi di analisi.

MyPlay [11] La società MyPlay installa sul campo una o più telecamere, in base alle scelte fatte di comune accordo con i gestori ed in base allo sport in cui si prevede il loro utilizzo. La piattaforma dell'azienda prevede la regia automatica, la creazione di highlights e la visione in diretta streaming.

Pixellot [15] Pixellot offre diverse soluzioni che combinano le funzionalità di registrazione, streaming in diretta, regia automatica e analisi dati in una singola unità video. Questo pacchetto all-in-one richiede quindi l'acquisto della loro videocamera per accedervi.

In conclusione, nonostante il sistema informativo che io abbia sviluppato sia uno stato embrionale del progetto complessivo, le fondamenta per collegare servizi e funzionalità che verranno prodotti in varie aree dell'università, questo si colloca già a livello europeo negli sport da palazzetto come l'unica soluzione multi-camera e multi-sensore, che consente sin da subito allo staff societario l'automatizzazione ed il miglioramento delle proprie routine, con il prefissato obiettivo di colmare la lacuna per renderlo allo stato dell'arte.

CONFRONTO COMPETITORS		Sanbapolis	Pixellot AUTOMATIC PRODUCTION	veo	myplay	playsight
Riprese		✓	✗	✓	✓	✓
Multicamera		✓	✗	✗	✗	✗
Multisensori		✓	✓	✓	✗	✓
Dati grezzi		⌚	✓	✓	✓	✓
Analisi dati						

Figura 1.2: Confronto con le funzioni dei servizi competitors

2 Progettazione e sviluppo del sistema

2.1 Gruppo di lavoro

All'interno del team SportTech, operiamo come un gruppo di tirocinanti e dottorandi con competenze diverse, collaborando su una serie di compiti legati al progetto. Il nostro focus principale al momento è il sotto-progetto Sanbapolis, ma non trascuriamo altre sfere di interesse connesse agli impianti sciistici di Milano Cortina 2026. Nel nostro sottogruppo dedicato al palazzetto dello studentato, coordinati dal Prof. Bouquet, ci sono stati assegnati ruoli in base alle nostre competenze specifiche. Abbiamo un analista dei requisiti il cui compito è comprendere e definire le necessità del progetto. Successivamente, un progettista del database struttura la base dati necessaria per sostenere l'applicazione. Personalmente, mi sono occupato sia della progettazione che dell'implementazione della logica di business, lavorando per garantire che le sue funzionalità siano ottimizzate in termini di efficienza ed efficacia. Infine, abbiamo due membri del team focalizzati sull'aspetto front-end dell'interfaccia utente (UI/UX). Il loro obiettivo primario è creare un'esperienza utente intuitiva e coinvolgente per gli utilizzatori finali.

2.1.1 Metodologia di lavoro

Durante il tirocinio abbiamo adottato una metodologia di lavoro basata sull'approccio Agile, in modo da ottenere una certa flessibilità nello sviluppo, ognuno portando avanti la propria area di competenza, senza perdere contatto con gli altri settori collegati, consentendo al team di progredire ed adattarsi alle esigenze in evoluzione.

La nostra routine consisteva quindi in meeting settimanali, noti come "Sprint Review", utili per presentare gli sviluppi del proprio campo di lavoro, mostrando i progressi e le nuove funzionalità implementate. Le revisioni mi hanno permesso di validare settimanalmente il lavoro svolto, nonché di avere evidenziate le criticità ed i punti da revisionare nell'applicazione web.

2.2 Architettura del sistema

L'architettura di sistema si basa sul modello client-server, l'utente finale può raggiungere tramite internet la piattaforma web ed usufruire delle sue funzionalità

2.2.1 Hardware

La macchina virtuale su cui gira il web server utilizzato è stata messa a disposizione dall'università stessa. La virtual machine è inserita all'interno dell'infrastruttura di rete di Ateneo e per questo deve conformarsi alle direttive e alle normative stabilite dall'Agenzia per l'Italia Digitale (AGiD) [10] in quanto si tratta di una macchina appartenente alla pubblica amministrazione. Le specifiche della macchina virtuale includono 1 GB di RAM e un disco da 16 GB.

2.2.2 Software

Stack LAMP Lo stack LAMP è l'insieme di tecnologie più utilizzate per lo sviluppo di applicazioni web. L'acronimo è dato dalle sue componenti:

Linux La macchina virtuale è fornita di Linux Ubuntu 22.04 LTS, un sistema operativo ampiamente utilizzato in questo tipo d'attività per le sue prestazioni e la sua stabilità. Questa versione LTS (Long-Term Support) assicura il supporto a lungo termine e aggiornamenti di sicurezza per garantire un ambiente affidabile e sicuro per il server.

Apache Come server web, abbiamo implementato Apache HTTP Server, uno dei più diffusi e affidabili nell'industria. Apache fornisce un'ampia gamma di funzionalità e permette la configurazione di siti web, la gestione delle richieste dei client e la distribuzione dei contenuti in modo efficiente.

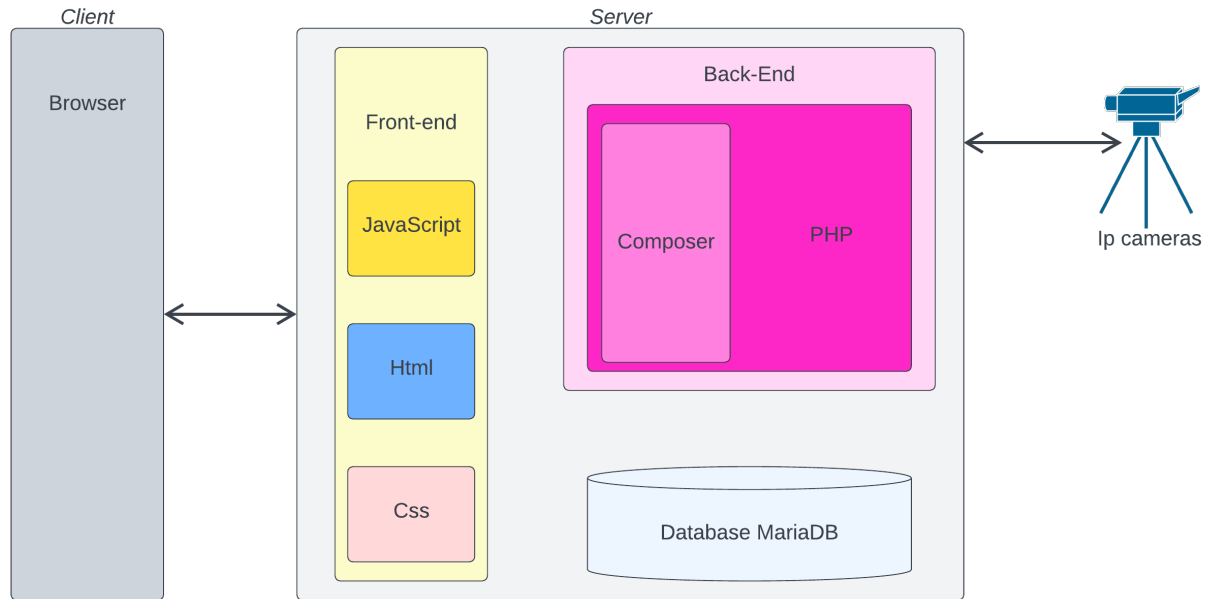


Figura 2.1: Diagramma dell'architettura web del sistema

MariaDB Per quanto concerne la gestione dei database, abbiamo implementato MariaDB, una variante biforcata di MySQL, come sistema relazionale per archiviare e accedere ai dati del sito web. Abbiamo optato per MariaDB invece del più tradizionale MySQL a causa della sua maggiore scalabilità e delle prestazioni superiori nelle query.

PHP PHP è un linguaggio di programmazione lato server ampiamente utilizzato per creare applicazioni web dinamiche, anche direttamente nel codice HTML. Una delle sue caratteristiche principali è la capacità di interazione con i database relazionali MySQL.

Fullcalendar FullCalendar [6] è un framework JavaScript open-source che permette la gestione e la visualizzazione di calendari interattivi sul web. Si basa sulla creazione e gestione di eventi, gestiti in formato 'json', per poter conferire agli eventi particolari attributi. Offre supporto sia dal punto di vista grafico, mettendo a disposizione diverse visualizzazioni, che consentono agli utenti di navigare facilmente attraverso il calendario in base alle loro preferenze ed esigenze, ma anche dal punto di vista dell'implementazione, come ad esempio il supporto agli eventi ricorrenti, cruciale per tutti quegli eventi che si ripetono su base regolare, come gli allenamenti delle società. Inoltre permette l'integrazione con fonti di dati esterne; FullCalendar può essere integrato con Google Calendar o qualsivoglia altro servizio di terze parti che fornisca sotto forma di 'ical' o 'json' i propri dati.

FFMpeg FFMpeg è un framework multimediale con una vasta gamma di funzionalità e formati supportati. È stato utilizzato nel progetto per visualizzare i flussi video in tempo reale e permettere la registrazione di tutte le telecamere assieme sfruttando la potenza di calcolo della GPU per il processing multimediale, accelerando l'elaborazione dei video e migliorare le prestazioni complessive.

Composer Composer [5] è un gestore di dipendenze PHP, utile a semplificare il processo di integrazione di librerie di terze parti. Una volta implementato, questo crea un file nella radice del progetto denominato 'composer.json', che conterrà le informazioni sulle librerie di terze parti necessarie per il progetto. Il file contiene principalmente due sezioni: 'require' e 'require-dev'. La prima elenca le dipendenze del progetto necessarie per il suo funzionamento, mentre la seconda, indica le dipendenze utilizzate solo nell'ambiente di sviluppo, come ad esempio librerie per i test unitari o l'integrazione

con strumenti di debug.

Di seguito sono riportate le dipendenze installate:

PHP-FFMpeg PHP-FFMpeg [12] consente di utilizzare tutte le capacità di FFMpeg direttamente nell'ambiente PHP, consentendo alla piattaforma di gestire i flussi video in modo completamente autonomo, senza dover chiamare comandi shell.

PHPMailer PHPMailer [13] è un pacchetto che offre un'assistenza completa per l'invio sicuro di email utilizzando crittografia e autenticazione. Sebbene PHP fornisca già nativamente la funzione 'mail()' per l'invio di posta elettronica, l'utilizzo di un framework come PHPMailer è indispensabile per garantire la sicurezza delle comunicazioni.

SendinBlue API Le sendinBlue API [18] sono state utili in combinazione con PHPMailer per la messa a punto del sistema di email transazionali da mandare all'utente

PHPUnit Test PHPUnit [14] è un framework di Unit testing per PHP.

Codeception Codeception [3] è uno strumento di integration testing automatizzato. Si basa su PHPUnit ma ne amplia le funzionalità, offrendo una sintassi espressiva e facile da usare per la scrittura dei test.

Apache benchmarking Apache Benchmark (abbreviato nel terminale come "ab") è uno strumento open-source per misurare le prestazioni dell'applicazione in termini di tempo di risposta e capacità di gestione del carico. Il suo compito è simulare carichi di lavoro ad alta intensità generando richieste al server e valutarne la capacità di gestire un elevato numero di richieste concorrenti. Risulta quindi uno strumento particolarmente utile per testare la scalabilità dell'applicazione e identificare eventuali punti deboli o limitazioni nelle prestazioni.

2.2.3 Protocolli di comunicazione

Il nostro web server utilizza i protocolli di comunicazione classici per consentire l'accesso ad internet ed interagire con le telecamere.

HTTP In particolare, Utilizziamo la porta 80 per consentire agli utenti di accedere al nostro sito web e ottenere risorse o dati specifici tramite il protocollo HTTP.

Siamo pienamente consapevoli dei potenziali rischi in termini di sicurezza associati all'utilizzo esclusivo del protocollo HTTP e stiamo attivamente pianificando l'implementazione di HTTPS prima di rendere il nostro sistema disponibile agli utenti finali.

SSH Durante lo sviluppo, interagivo con la macchina virtuale da remoto tramite il protocollo SSH sulla porta 22. È importante notare che questa per non risultare un potenziale punto di attacco per gli aggressori è configurata in modo che accetti connessioni soltanto da utenti accreditati, i quali per accedervi devono farsi riconoscere tramite credenziali di ateneo.

SMTP Per l'invio delle email transazionali, comunicazioni inviate ai clienti per confermare transazioni, eventi o azioni, il sistema usa il protocollo SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) sulla porta 587 per garantire connessioni crittografate. Il sistema utilizza il server SMTP di Brevo (ex Sendinblue) [2] perché fornisce l'invio di 300 mail al giorno gratuite, abbastanza per le nostre necessità attuali, e permette una facile scalabilità in caso di aumento di gestione di utenti

Database Le interrogazioni al database avvengono tramite PDO (PHP Data Objects). Questa tecnica è stata scelta per diversi motivi [9]:

Codice univoco La tecnica è progettata per supportare diversi tipi di database, questo quindi ci dona una certa versatilità nel caso si dovesse utilizzare un database diverso nel futuro, dovendo apportare poche modifiche per l'adattamento.

Statement preparati PDO è un'API orientata agli oggetti, che consente di generare statement preparati, una tecnica per eseguire query parametrizzate. Questo ci fornisce diversi vantaggi. Possiamo rendere il codice più strutturato e di conseguenza più leggibile, più performante utilizzando con valori diversi i parametri, evitando inoltre le vulnerabilità di sicurezza come le SQL injection.

Gestione degli errori Questa tecnica fornisce un sistema di gestione degli errori più avanzato rispetto a mysql. È possibile impostarne la modalità exception, in modo che lanci un'eccezione ogni volta che si verifica un errore di database, semplificando la gestione degli errori nel codice.

Trattamento dei tipi di dati Supporta inoltre in modo nativo il trattamento dei tipi di dati (string, int, ecc..) diversi. Questo semplifica l'inserimento e l'estrazione dei dati dal database, in quanto si preoccupa automaticamente di gestire la corrispondenza dei tipi di dati corretti.

2.2.4 Configurazione del server

La struttura del folder tree del server è organizzata in modo gerarchico, con una pagina principale che rappresenta la home del sito web. Da questa si diramano pagine figlie che si suddividono in categorie e sottocategorie specifiche. Questa scelta di organizzazione gerarchica è una pratica comune nello sviluppo di applicazioni web ed è stata adottata con l'obiettivo di garantire una buona fruibilità per tutti gli utenti. Tale approccio favorisce la comprensione e la navigazione all'interno del sito per gli utenti finali e facilita la reperibilità delle informazioni ai futuri sviluppatori. La parte del folder tree che contiene file non accessibili agli utenti è stata suddivisa in base al linguaggio utilizzato. Questa strategia è stata adottata per assicurare che le diverse funzionalità del server siano organizzate in modo coerente e comprensibile, semplificando così la lettura e la manutenzione del sito web da parte dei futuri sviluppatori.

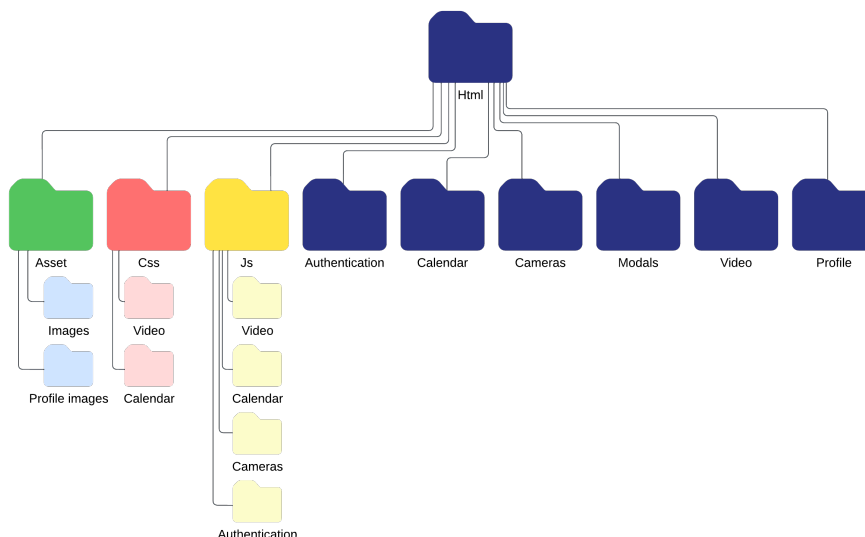


Figura 2.2: Folder Tree del sistema

2.3 Deployment flow

Per la costruzione del sistema ho adottato il classico approccio di ambiente multiplo. Un ambiente locale, tramite XAMPP[22], il più popolare ambiente di sviluppo per lo stack LAMP, ed un ambiente live, ossia il server finale. Questo metodo viene ampiamente utilizzato per diversi motivi, inclusa la

capacità di sperimentare rapidamente nuove funzionalità in un ambiente isolato, minimizzando i rischi nel caso si verificano problemi. Inoltre, consente di posticipare l'implementazione immediata degli standard di sicurezza richiesti per la versione finale del prodotto.

Una volta appurato il funzionamento dei vari moduli, per trasmettere le modifiche apportate in locale ho utilizzato GitHub[7]. Questa piattaforma permette di importare le modifiche effettuate nel repository locale potendo tener traccia delle versioni del codice e condividere l'intera cartella di progetto (Github repository[4]) con vari collaboratori.

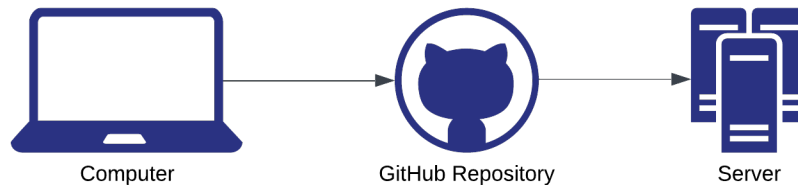


Figura 2.3: Diagramma deployment flow

2.4 Business logic

2.4.1 Personas

Nel nostro sistema, abbiamo identificato cinque tipi di utenti con diversi ruoli e privilegi, potendo adattare lo sviluppo in base a chi usufruirà di quel determinato servizio.

- **Manutentore:** Il Manutentore è la figura di amministrazione responsabile sia del palazzetto che conseguentemente del nostro sistema. Possiede il potere di gestire le funzionalità fondamentali della piattaforma, tra cui la creazione di eventi nel calendario..
- **Società:** Il rappresentante della Società assume il ruolo di responsabile e gestore delle prenotazioni.
- **Allenatore:** Termine sintetico per identificare l'intero staff tecnico. Dispongono di privilegi legati alla gestione dei contenuti multimediali. Hanno il potere di selezionare le riprese, visualizzarne il flusso video durante gli allenamenti e recuperare i filmati archiviati nella sezione dedicata.
- **Giocatore:** I Giocatori hanno accesso a clip video specifiche che vengono loro assegnate dagli Allenatori. Questo accesso mirato consente loro di analizzare prestazioni passate e migliorare le loro abilità.
- **Tifoso:** I tifosi sono dotati di strumenti mirati per seguire da vicino le prestazioni della loro squadra del cuore. Questi strumenti includono la possibilità di rivedere le partite passate e di consultare il calendario delle prossime sfide.

2.4.2 Registrazione Personas

Ogni utente interagisce con il nostro sistema in modo personalizzato, persino nella registrazione alla piattaforma. Nel caso degli amministratori, non è possibile creare un account direttamente dal sito web, questo viene impostato per ragioni di sicurezza direttamente lato server.

Per quanto riguarda le società che utilizzano la struttura, ognuna ha la possibilità di creare un account associato al nostro sito. Nel caso specifico di Sanbapolis, le società che possono utilizzare la struttura sono fisse. Tuttavia, ho sviluppato il sistema in modo che sia facilmente utilizzabile in altri contesti,

quindi in generale, altre società possono iscriversi e richiedere i servizi. Successivamente alla creazione dell'account, ogni società può gestire il proprio staff nella sezione "My staff", dove può inviare un invito tramite e-mail ai propri allenatori affinché possano accedere al sistema.

Gli allenatori quindi si registrano soltanto tramite invito. Una volta ricevuto tramite posta elettronica, questi vengono reindirizzati al modulo di registrazione specifico facendo click sul link nel corpo della mail. È cruciale sottolineare che i coach devono completare la registrazione usando l'indirizzo email fornito dalla società stessa, poiché solo questo indirizzo è autorizzato dal sistema. Nel caso contrario il sistema impedirà la registrazione.

Lo stesso principio si applica anche ai giocatori, che vengono invitati dagli allenatori tramite apposite funzionalità nel sistema.

L'odierno approccio di doppio controllo tramite codice e invito via email garantisce attualmente che solo gli utenti autorizzati e correttamente associati alle società possano usufruire dei suoi servizi ma offre inoltre la flessibilità di adattare facilmente la piattaforma in futuro per consentire l'associazione di più squadre a un singolo allenatore.

2.4.3 Gestione dei permessi

I permessi sono gestiti in maniera *ABAC*, acronimo di Attribute-Based Access Control, un modello di controllo degli accessi che si basa sull'assegnazione di attributi agli utenti. Con questo approccio si possono definire politiche di autorizzazione più complesse e granulari rispetto ad altri modelli tradizionali di access control. Con l'*ABAC*, è possibile definire regole che coinvolgono molteplici attributi per determinare se un utente ha il permesso di accedere a una risorsa specifica, consentendo una maggiore scalabilità ed adattabilità alle modifiche di autorizzazioni per ciascun utente. Per modificare gli eventuali attributi ho impostato nel sistema un *Cronjob*, un processo lanciato ogni 5 minuti dal sistema operativo. Il sistema quindi ogni 5 minuti controlla se è iniziato o finito un evento e aggiunge modifica di conseguenza permessi ed informazioni.

2.4.4 Gestione delle sessioni d'allenamento

All'inizio di ogni stagione, il manutentore potrà inserire nel calendario gli eventi assegnati a ciascuna società. L'implementazione di un calendario digitale, consente inoltre l'aggiunta flessibile di eventi sporadici e la modifica degli eventi esistenti in qualsiasi momento. Queste modifiche verranno immediatamente riflesse nella vista del calendario per qualsiasi persona associata ad esso. Gli allenatori delle rispettive società, inoltre, avranno il potere di selezionare le telecamere da attivare per ciascuna propria sessione in palestra, adeguando l'attrezzatura alle loro esigenze ogni volta che lo riterranno opportuno.

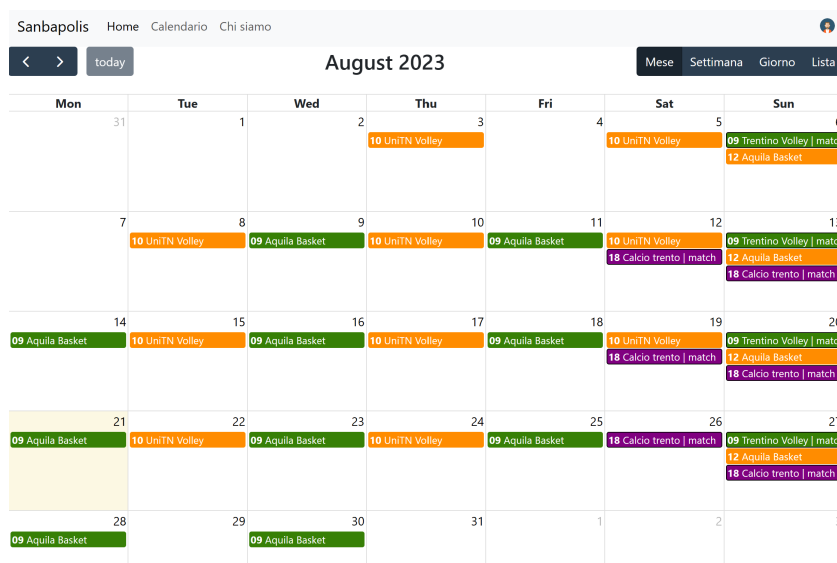


Figura 2.4: Visione del calendario da parte del manutentore. Al fine di migliorare la leggibilità, il manutentore visualizza ciascun tipo di evento correlato a uno sport differente attraverso l'utilizzo di colori distinti.

2.4.5 Registrazione e tracciamento eventi

Quando la sessione di allenamento inizia, le telecamere precedentemente scelte dall'allenatore vengono avviate automaticamente dal sistema ed iniziano la registrazione. Queste possono essere consultate anche in diretta se il coach ne avesse voglia ma il loro funzionamento dettagliato è nella prossima sezione per la sua complessità. Una volta terminato il tempo assegnato a quella società il sistema ferma la registrazione e la salva, associando nel sistema i filmati all'allenamento.

2.4.6 Durante le sessioni di allenamento

Per la mia esperienza di stage, è stato fondamentale creare una prima versione del prodotto, il cui scopo è assicurare che gli allenatori possano concentrarsi appieno nel tirare fuori il meglio dai propri giocatori durante le sessioni d'allenamento. Non è quindi scontato che questo contesto preveda una interazione con l'utente, che può, come precedentemente spiegato, recuperare in altri momenti la registrazione. Vale la pena però esaminare lo scenario particolarmente interessante: quando gli allenatori hanno bisogno di un punto di vista (o molteplici) diversi in tempo reale rispetto alla loro posizione in campo. Qualsiasi membro dello staff tecnico può accedere al sito e visualizzare la pagina "Livecams", altrimenti inaccessibile se non durante i propri eventi. All'interno della pagina viene mostrato in tempo reale il flusso video delle telecamere che erano state precedentemente indicate utili per registrare la sessione. Questa funzionalità consente loro di tornare indietro fino a 5 minuti, per analizzare cosa è accaduto e fornire un feedback in tempo reale ai propri giocatori. È comunque importante sottolineare che gli allenatori possono apportare modifiche alle loro scelte di registrazione o accedere a una telecamera specifica in modalità live anche durante lo svolgimento dell'evento. Questo significa che il sistema non pone nessun vincolo, se un allenatore dovesse cambiare programma d'allenamento, idea riguardo alle telecamere da registrare o desidera semplicemente visualizzare una visuale diversa in tempo reale senza salvarne il filmato, può farlo senza problemi.

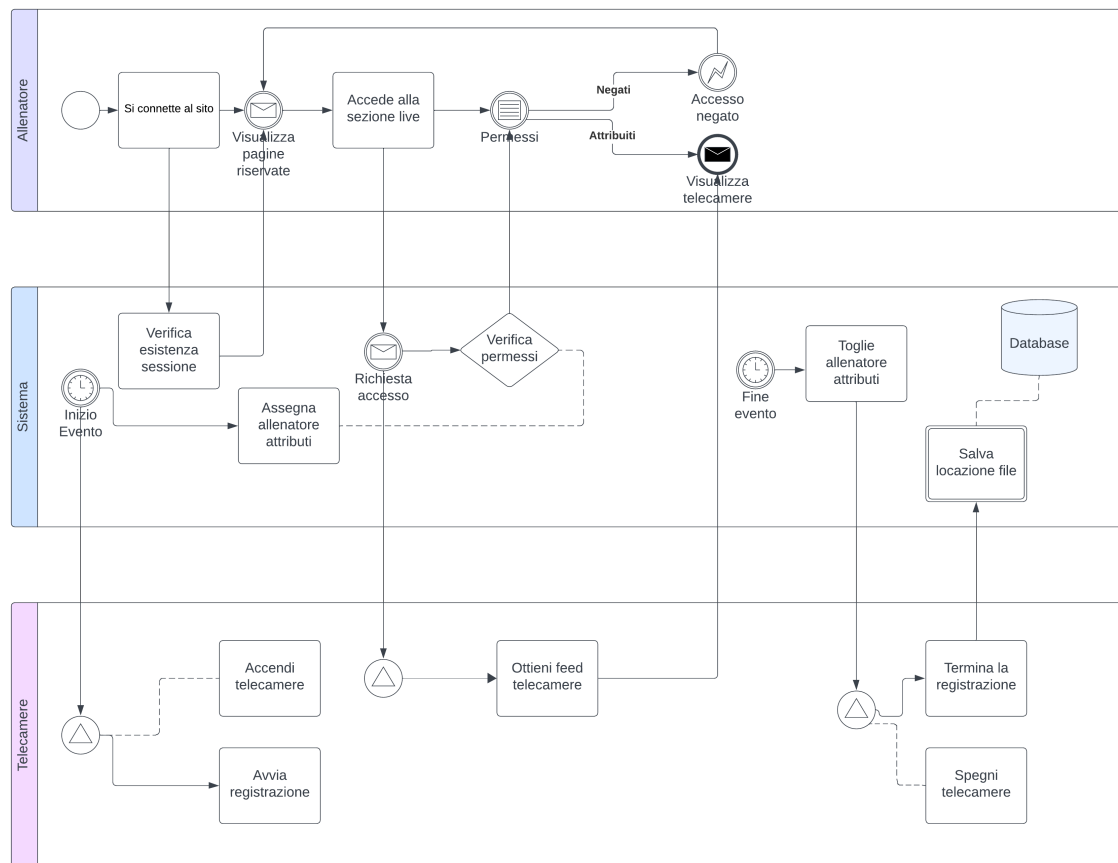


Figura 2.5: Schema BPMN delle possibili interazioni in palestra dello staff tecnico

2.4.7 Revisione delle sessioni d'allenamento

La figura dell'allenatore può recuperare in qualunque momento i suoi filmati nell'apposita sezione, cliccando direttamente su quella sessione di allenamento, che deve però essere terminata, poiché le varie registrazioni vengono create soltanto al termine dell'orario prestabilito da calendario.



Figura 2.6: Schermata visualizzazione filmati della sessione

2.5 Problemi di sviluppo

Durante lo stage, abbiamo dovuto affrontare, come gruppo coordinatore, diverse sfide logistiche legate a limiti di tempo e di risorse, pertanto anche io ho dovuto ridurre il mio contributo finale al progetto. Questa decisione nasce dai ritardi che hanno interessato le numerose funzioni coinvolte nel processo. Sia questioni burocratiche, come la necessità di ottenere approvazioni o autorizzazioni a filmare, oltre all'insorgere di problemi tecnici, hanno rallentato il flusso di lavoro degli altri progetti e conseguentemente anche il nostro, poiché servizi pensati per essere integrati non risultano pronti ad essere fruibili sulla piattaforma. Per quanto riguarda lo sviluppo del sistema vero e proprio, l'implementazione del flusso della telecamera si è rivelata molto complessa e impegnativa. A causa di restrizioni sulla privacy, mi è stata fornita una telecamera identica da utilizzare in loco piuttosto che l'accesso alle telecamere preinstallate nel palazzetto. Questo mi ha creato diversi problemi di rete, soprattutto perché non avevo una rete domestica a disposizione. Inizialmente, ho utilizzato il software proprietario per comunicare con le telecamere. Tuttavia, ho riscontrato alcune difficoltà a causa della documentazione poco chiara e dell'obbligo di ottenere una licenza. La versione gratuita di questo software permette solo un massimo di 4 registrazioni, poiché le telecamere in realtà sono destinate principalmente a scopi di sorveglianza e non sono progettate per un utilizzo intensivo in questo contesto.

3 Test e validazione del sistema

3.1 Pianificazione ed esecuzione dei test

Durante lo sviluppo del progetto, ho eseguito i tradizionali test per verificare che tutte le implementazioni funzionassero secondo i piani. Considerando la natura del progetto, la fase di testing riveste un ruolo ancora più importante, in quanto altre persone dovranno successivamente lavorare sul modello che ho creato ed apportare cambiamenti ai moduli esistenti per adattarli ai cambiamenti dettati dall'aggiunta di nuovi servizi o dalle esigenze di scalabilità del sistema. Pertanto avere già dei test pronti per verificare la correttezza delle modifiche può far risparmiare tempo agli sviluppatori futuri della piattaforma.

3.1.1 Test di unità

I test di unità aiutano a verificare che le singole funzioni lavorino correttamente in modo indipendente dal resto dell'applicazione. Questi mi hanno consentito l'individuazione dei singoli moduli che presentavano errori o comportamenti anomali nella fase iniziale dello sviluppo di ogni singola funzionalità. Ciò ha permesso di correggere i malfunzionamenti prima che si diffondessero ad altre parti dell'applicazione, semplificando il processo di debug e riducendo il tempo e le risorse necessarie per risolvere i difetti. Tuttavia, nonostante i numerosi vantaggi, i test di unità possono risultare banali. La sfida è garantire una copertura completa dei casi di test, soprattutto in sistemi complessi. È importante dunque identificare gli scenari critici ed evitare di creare test con confirmation bias, solo per confermare le proprie convinzioni sulla correttezza dell'implementazione. L'obiettivo è quindi concentrarsi sulla copertura dei casi di test più significativi.

3.1.2 Test di integrazione

I test di integrazione controllano il corretto funzionamento dell'interazione tra diverse unità di codice. Anche avendo svolto i test di unità e quindi assodato che ogni componente funzioni correttamente individualmente, ciò non ci garantisce necessariamente che l'intero sistema funzioni senza errori, poiché potrebbe insorgere qualche errore tra i passaggi o incompatibilità nell'interazione tra i componenti. Per l'esecuzione di questi ho utilizzato Codeception [3], che mi ha permesso di simulare anche l'interazione dell'utente con il sistema, grazie alle sue funzionalità avanzate per l'emulazione del browser. I codici di testing possono essere inoltre organizzati in suite (in base al tipo o sezione che si sta provando) e possono interagire con il sistema attraverso comandi semplici e intuitivi. Questo permette di eseguire i test in maniera più modulare, lasciando allo sviluppatore la scelta di eseguire prove singole, accorpate o direttamente su tutto il sistema.

3.1.3 Test delle API

Le api d'interazione tra PHP e JavaScript sono state validate tramite Postman [17]. Postman è un'applicazione che fornisce un ambiente di sviluppo per testare, documentare e interagire con le API, specificando i parametri, i dati e gli header necessari.

3.1.4 Test di carico

Il test di carico permette di valutare le prestazioni e la robustezza di un'applicazione simulando un realistico carico di lavoro, ossia gestione di quantità di richieste inviate all'applicazione durante il suo utilizzo da parte degli utenti. Ho eseguito quindi con Apache Benchmark [1] alcuni test per analizzare le prestazioni del nostro sistema e permettere ai futuri sviluppatori della piattaforma di controllare eventuali necessità di scalabilità. Apache Benchmark fornisce una serie di parametri configurabili, tra cui il numero di richieste da inviare ('-n'), la concorrenza delle richieste ('-c'), il metodo HTTP da utilizzare e altro ancora. Ho utilizzato questi parametri per analizzare le parti più critiche dell'interazione con gli utenti finali, come ad esempio la visualizzazione dei filmati registrati. Dalla figura 3.1 si vede in modo evidente che il server è in grado di gestire flussi abbastanza ampi per lo stato in

cui si trova il progetto. Dopodiché il problema sorge sull'infrastruttura di rete. Essendo la macchina virtuale iscritta alla rete universitaria, questa è soggetta ad un utilizzo di tante persone e larghezza di banda variabile. Questo si traduce in ritardi nella trasmissione dei dati, perdita di pacchetti e degradazione della qualità del video, nonché un disservizio per tutti gli studenti e ricercatori che ne usufruiscono. Inoltre, la saturazione della rete comporta un aumento significativo della latenza, ovvero del tempo di ritardo tra la trasmissione e la ricezione dei dati. Un'elevata latenza impatta negativamente sull'efficacia complessiva del sistema, poiché non consente agli allenatori e ai tifosi di ricevere il segnale live in tempo reale, compromettendo uno dei servizi offerti. Infatti è importante notare che la cifra di rottura, che si aggira attorno al 550 è al momento ben sopra le aspettative di utilizzo in contemporanea di persone, considerando che lo streaming live degli eventi non è possibile dato il collo di bottiglia della rete delle telecamere, che presenta una connessione peggiore di quella del webserver. Una volta superato quell'ostacolo, considerando che il palazzetto ha disponibilità di 600 posti, la cifra di 550 utenti contemporanei diventa un numero troppo basso per la gestione delle possibili richieste.

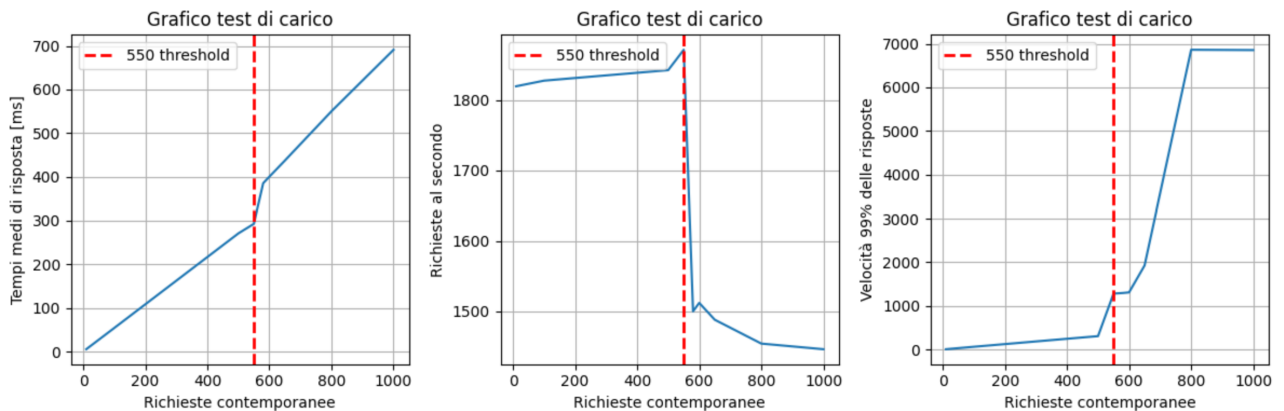


Figura 3.1: Grafici Test di carico visualizzazione filmati

Ho effettuato diversi test per misurare la larghezza di banda di entrambe le reti perché queste cambiano in base al numero di studenti attaccati, pertanto sia la figura 3.2 che la figura 3.3 sono soltanto valori di riferimento, utili a sottolineare la differenza e a rafforzare il fatto che al momento la limitazione non è causata dalla nostra piattaforma, ma dall'infrastruttura di rete dello studentato in cui sono iscritte le videocamere.

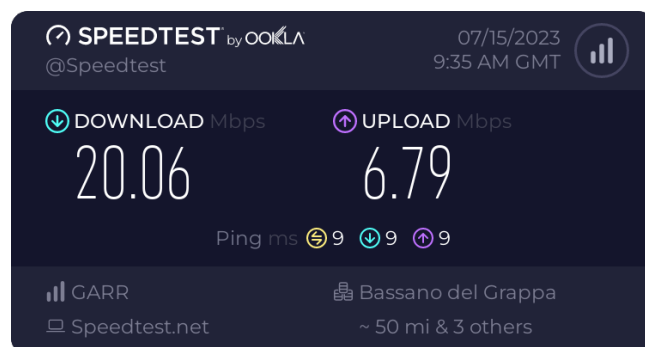


Figura 3.2: SpeedTest in WiFi di unitn-x dello Studentato San Bartolameo

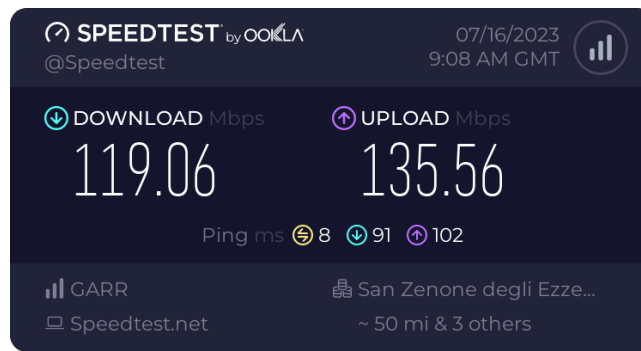


Figura 3.3: SpeedTest in WiFi di unitn-x del Dipartimento d'Ingegneria e Scienza dell'informazione

3.2 Analisi dei dati raccolti durante l'implementazione e i test

L'analisi dei dati raccolti durante l'implementazione e i test indica che la piattaforma sviluppata rappresenta una versione iniziale funzionante del sistema per l'automazione delle registrazioni delle sessioni d'allenamento. I dati evidenziano che il sistema registra correttamente le sessioni e le archivia in modo appropriato. Tuttavia, sono emerse alcune limitazioni durante i test riguardo al live streaming aperto al pubblico.

3.3 Criticità riscontrate

Una delle criticità riscontrate nel sistema attuale riguarda la capacità di archiviazione limitata. Il disco rigido disponibile ha dimensioni ridotte e non può gestire lo storage di tutte le telecamere per tutte le società che utilizzano la struttura. Questa limitazione richiede una soluzione adeguata, come l'utilizzo di registrazioni in cloud o backup notturni. Tuttavia, è importante considerare anche le limitazioni della rete, poiché l'uso intensivo delle telecamere potrebbe saturare la banda, compromettendo il corretto funzionamento di Internet per gli utenti presenti nella struttura.

È quindi necessario valutare alternative, come l'archiviazione delle registrazioni delle telecamere su cloud, per superare le limitazioni di capacità di archiviazione del disco rigido locale e evitare impatti negativi sulla rete condivisa. Inoltre, per quanto riguarda lo streaming live delle telecamere, sarà necessario un potenziamento della banda per garantire una corretta fruizione dei flussi video delle partite anche al pubblico.

3.4 Valutazione degli obiettivi prefissati

Alla luce dei risultati dei test, è possibile valutare positivamente il raggiungimento degli obiettivi prefissati per il progetto. Il sistema riesce a automatizzare le registrazioni delle sessioni d'allenamento, consentendo agli utenti di accedere alle registrazioni per revisionarle e analizzare le prestazioni.

Per quanto riguarda lo sviluppo futuro e il mantenimento del sistema, i test hanno dimostrato che le tecnologie utilizzate sono appropriate e consentono la scalabilità necessaria per la piattaforma. Tuttavia, è emersa la necessità di migliorare l'infrastruttura di rete per garantire l'ampliamento dei servizi e degli utenti che fruiscono del live streaming.

4 Conclusioni

4.1 Riassunto dei principali risultati

Sono rimasto complessivamente soddisfatto della mia esperienza di tirocinio, ho acquisito preziose competenze di problem solving che sicuramente mi saranno utili nel corso della mia futura carriera professionale. Ho avuto l'opportunità di constatare gli ostacoli che si presentano lungo il processo di sviluppo di un sistema, soprattutto se amministrativo, come i già citati problemi di coordinamento dei sotto-progetti e dei tempi di attesa burocratici che possono essere tipici della pubblica amministrazione. Sento inoltre di aver messo a frutto le nozioni apprese nei diversi corsi durante gli studi e quindi apprezzato come questi entrino in sinergia nello sviluppo, partendo da zero, di un progetto concreto. Per questo motivo, lo stage mi ha permesso di sviluppare una visione d'insieme, di mettere in relazione le varie discipline e di applicare gli insegnamenti acquisiti al di fuori dell'ambito accademico. Ho maturato quindi non solo skill tecniche sullo sviluppo di sistemi web, ma anche competenze a livello manageriale, sia nell'ambito informatico che esterne, come l'importanza di un team multidisciplinare per competenze e mentalità differenti, ed una previsione più realistica delle tempistiche legate alla creazione di un progetto.

4.2 Possibili sviluppi futuri e suggerimenti per migliorare il sistema

Ci sono molte attività da svolgere per rendere completa la piattaforma, il progetto è al momento nel vivo dello sviluppo. Sicuramente le funzionalità di raccolta ed analisi delle statistiche sono un must have per il sistema, sia per le società interessate a migliorarsi, che per ampliare l'esperienza fruitiva dei tifosi. Questo permetterebbe di colmare il gap con i prodotti commerciali e divenire un servizio completo per l'aiuto all'incremento delle prestazioni atletiche. Nel mio piccolo spero di aver gettato fondamenta solide per costruire ed espandere l'offerta finale per gli utenti, perché reputo le prospettive del progetto promettenti.

Bibliografia e Sitografia

- [1] Apache Benchmarking. <https://httpd.apache.org/docs/2.4/programs/ab.html>.
- [2] Brevo (ex Sendinblue). <https://www.brevo.com/it/>.
- [3] Codeception. <https://codeception.com/>.
- [4] Codice sviluppato. <https://github.com/sportTech-UnitN/Sanbapolis/>.
- [5] Composer. <https://getcomposer.org/>.
- [6] Fullcalendar. <https://fullcalendar.io>.
- [7] Github. <https://www.Github.com>.
- [8] Istituto per la ricerca scientifica e tecnologica nello sport (iSTAR). <https://projects.unitn.it/istar/it/>.
- [9] Antonio Lopez. *Learning PHP 7*. Packt Publishing, 2016.
- [10] Misure di sicurezza ICT pubblica amministrazione. <https://www.agid.gov.it/it/sicurezza/misure-minime-sicurezza-ict>.
- [11] Myplay. <https://www.myplay.com/it>.
- [12] PHP-FFmpeg Repository. <https://github.com/PHP-FFMpeg/PHP-FFMpeg>.
- [13] PHPMailer Repository. <https://github.com/PHPMailer/PHPMailer>.
- [14] PHPUnit. <https://phpunit.de/>.
- [15] Pixellot. <https://you.pixellot.tv>.
- [16] Playsight. <https://playsight.com>.
- [17] Postman. <https://web.postman.co/>.
- [18] Sendinblue API Repository. <https://github.com/sendinblue/APIv3-php-library>.
- [19] Mattia Torregiani. *Analisi requisiti sanbapolis, 2023*.
- [20] Opera Universitaria. <https://www.operauni.tn.it/>.
- [21] Veo. <https://www.veo.co>.
- [22] XAMPP. <https://www.apachefriends.org/it/index.html>.