

Crowdsourcing e Data Fusion: progettazione di un Living Lab nella “Sala Studio Smart”

Candidato: Roberto Marturano

Relatori: Fulvio Corno, Luigi De Russis

Introduzione e obiettivi

L'obiettivo di questa tesi è stato quello di **trasformare una sala studio del Politecnico di Torino in un Living Lab**, ossia un ambiente interattivo con il quale gli utenti potessero entrare in contatto ed interagire, esponendo segnalazioni sul servizio erogato (**crowdsourcing**) e manifestando i loro punti di vista su come poterlo migliorare. Il sistema è orientato agli utenti (studenti e gestori) del Politecnico.

Il fine del sistema è di ottenere un **utilizzo più sostenibile e consapevole della struttura**, provando ad innescare un cambiamento comportamentale negli studenti e portando all'attenzione del comparto gestionale problemi di sentimento comune.

La sala studio in questione si trova tra l'aula 10 e l'aula 12: ne è stato effettuato uno studio approfondito, al fine di determinare natura e numero di sensori richiesti (Figura 1).

Una rete di sensori progettata per essere installata nell'aula ha permesso di ottenere una “istantanea” della reale situazione in cui verteva il locale: la **fusione dei dati** applicata a queste due sorgenti informative ha consentito di sviluppare un sistema in grado di evidenziare situazioni critiche, basandosi sia sulle considerazioni dei propri utenti, sia sulle evidenze rilevate in loco.

L'innovazione proposta dal sistema in questione, denominato **S3** (acronimo di *Sala Studio Smart*), è di fornire una **linea di comunicazione “a due vie” tra l'Ateneo e i propri utenti**: da una parte, agli utenti è concessa l'opportunità di effettuare una vera e propria valutazione dei servizi erogati e messi a disposizione dall'Università; dall'altra, il Politecnico si è visto fornire uno strumento per:

- tastare il tasso di soddisfazione dei suoi studenti
- rilevare eventuali problemi presenti nella struttura
- comprendere concretamente l'efficacia dell'erogazione delle risorse (es. Wi-Fi, impianto riscaldamento e condizionamento, prese di corrente, ecc.)
- prendere decisioni strategiche in quanto ad ampliamenti e/o redistribuzione di risorse

Generalizzando, l'introduzione di S3 nella sala studio ambisce alla riduzione del tasso di episodi e/o comportamenti percepiti come irrispettosi e/o fastidiosi da parte delle altre persone, attraverso la generazione e la visualizzazione di appositi avvisi e messaggi informativi.

In tale modo, si cerca di porre un limite al verificarsi di comportamenti contrari ai regolamenti in vigore e di migliorare la qualità della convivenza reciproca.

La fase di progettazione del sistema è stata fortemente incentrata sulle specifiche necessità degli studenti, rifacendosi alla metodologia della *User-Centered Design* (UCD).

La tesi si è svolta in due fasi: nella prima, un **questionario** è stato consegnato ai frequentatori della sala studio individuata per questa tesi.

Le domande sono state suddivise tra le seguenti macro-categorie:

- 1) **abitudini** sulla frequenza della sala studio da parte dell'intervistato
- 2) problemi legati al **comportamento di altri studenti** (es. occupazione prolungata dei posti a sedere, volume della voce troppo alto, telefoni che squillano, porte/finestre lasciate aperte)

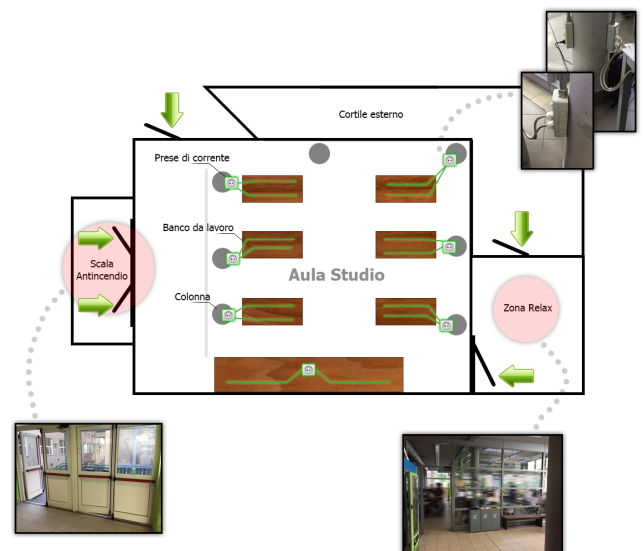


Figura 1: schema della disposizione delle forniture dell'aula studio: le forme rotonde grigie corrispondono alle colonne portanti; i collegamenti in verde raffigurano le linee di alimentazione elettrica dei banchi; le frecce indicano i varchi di accesso alla sala studio.

- 3) classificazione dei **comportamenti col maggior impatto (in negativo) sui profili di consumo** (energetico e di risorse fisiche) nella sala studio: alcune delle opzioni presenti erano la fuga di calore derivante dalle porte lasciate aperte, ricarica di dispositivi elettronici, accensione prolungata dell'impianto di illuminazione (quando non necessario), uso intensivo del Wi-Fi
- 4) la classifica delle **informazioni di cui il soggetto avrebbe desiderato usufruire attraverso un'interfaccia grafica**, sia dalla sala studio che da remoto: tra le più gettonate, emergono la stima del numero di presenti in aula, il livello di rumorosità e i principali parametri ambientali

Le interviste sono state effettuate in diverse giornate e in diverse fasce orarie, per differenziare la composizione del campione.

Le **preferenze espresse dagli intervistati** hanno costituito le fondamenta sulle quali basare la derivazione dei requisiti del sistema finale.

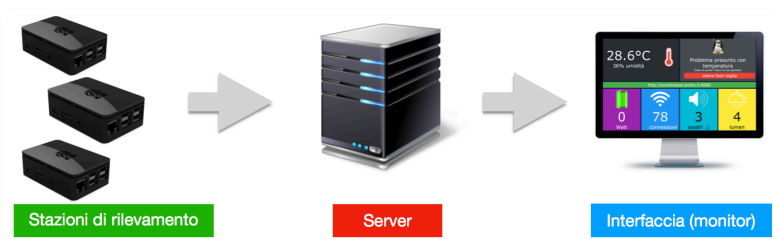


Figura 2: componenti del sistema "S3"

Requisiti del sistema

Dalla ricerca condotta tra i frequentatori della sala studio, le informazioni di cui gli utenti vorrebbero usufruire attraverso un'interfaccia grafica e, al tempo stesso, i **fattori di disturbo/consumo** che sono emersi sono:

- stima del numero dei presenti nell'aula studio
- livello di rumorosità
- apertura prolungata di porte e/o finestre, causa di dispersione termica
- uso prolungato ed estensivo di connessione Wi-Fi
- occupazione prolungata di posti a sedere

Architettura del sistema

S3 è caratterizzato da una struttura molto flessibile (Figura 2), il suo "elemento unitario" è rappresentato dalla **stazione di rilevamento**. Essa è costituita da un Raspberry Pi, una scheda elettronica integrata che consente di eseguire una distribuzione di Linux, occupando poco spazio e con consumo elettrico ridotto.

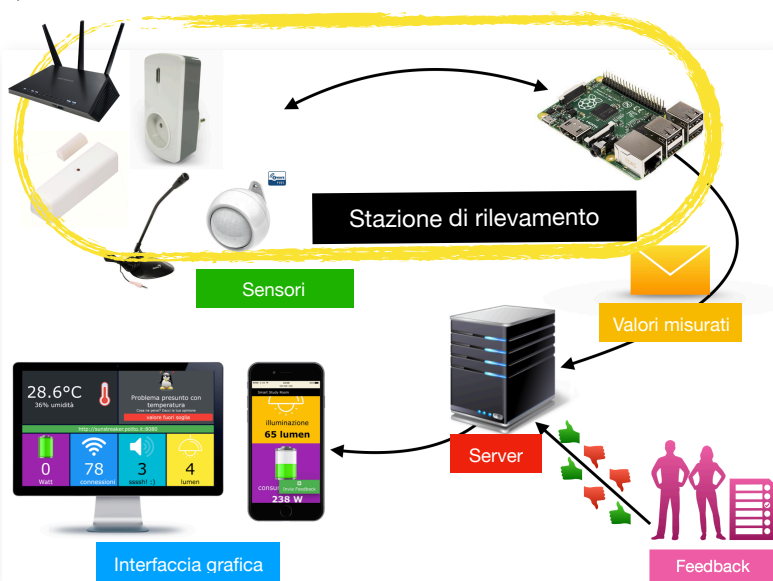


Figura 3: Schema dell'architettura di sistema di S3

Attraverso una *shield* (scheda di espansione) chiamata RaZberry, è possibile realizzare una rete di sensori basata sul **protocollo Z-Wave**.

Più stazioni possono inviare i propri dati (frutto della lettura dei sensori e di elaborazioni avvenute a bordo) ad un **server centrale**: questo ha il compito di salvare le informazioni in un **database** e di ospitare una **web app RESTful**.

Il sistema proposto (Figura 3) è stato pensato per:

- ✓ essere **scalabile** nel numero di sensori e nel numero di stazioni di rilevamento: allo stato dell'arte, l'architettura del sistema si presta ad essere arbitrariamente ampliata
- ✓ essere **resistente a malfunzionamenti** e/o ad errori di trasmissione: il server è in grado di apprendere e incamerare aggiornamenti (anche parziali) dalle proprie stazioni al verificarsi di un guasto momentaneo o definitivo di uno o più sensori, senza che questo ne precluda la regolare operatività
- ✓ avere un **basso impatto sull'infrastruttura** ed un ridotto consumo energetico

Stazione di rilevamento

Il Raspberry Pi, nucleo della **stazione di rilevamento**, è stato affiancato ad una gamma di sensori comprendenti:

- plug elettrici per la rilevazione del consumo elettrico (W e kWh)
- sensore di apertura porta e finestra
- multi-sensore per la rilevazione di temperatura, percentuale di umidità e livello di illuminazione
- microfono per l'analisi della quantità di rumore nella stanza

Sul Raspberry è stata installata una distribuzione di Linux apposita per il Pi (Raspbian), su cui viene eseguito un **software sviluppato in Python** costituito da una serie di moduli che implementano le fasi di lettura ed elaborazione dei dati dei sensori. La procedura è temporizzata e si ripete automaticamente ogni minuto (parametro configurabile nel sistema).

Il rilevamento dei dati misurati dal multi-sensor (temperatura, percentuale di umidità, illuminazione) e lo stato delle porte monitorate (aperta/chiusa) vengono letti attraverso un'API offerta dal web service creato dal RaZberry.

Per l'analisi del rumore, invece, è stato progettato un algoritmo che, dopo aver registrato una traccia audio procede ad analizzarne la variabilità dei campioni della forma d'onda, fornendo un numero intero indice del livello di rumorosità attuale.

Per quanto riguarda la stima del numero di presenti (uno dei requisiti richiesti dagli studenti) si è optato per l'introduzione nell'architettura di un router (Netgear R7000), attraverso il quale si risale al numero di **connessioni Wi-Fi attualmente attive**.

Tale valore può fornire una *stima* riguardo l'affollamento della sala studio (il 79% dei partecipanti al sondaggio ha dichiarato di utilizzare un computer portatile quando si reca a studiare alla sala studio).

Una volta terminata la fase di lettura, i dati vengono spediti al server.

Server

Il web server (Apache) ospita un **servizio RESTful** che adempie ai seguenti compiti:

- ricevere e salvare nel database (MariaDB) le letture provenienti dalle stazioni
- esporre un'interfaccia grafica (web app)
- **pubblicare un'API** contenente le letture dei sensori e i feedback più recenti

I valori puntuali mostrati sull'interfaccia grafica sono pre-elaborati attraverso una media mobile esponenziale (*EMA*): questa scelta è stata fatta per "smorzare" eventuali letture erronee e/o dati completamente eccezionali (**outlier**), grazie alla proprietà caratteristica della media mobile di preservare e sottolineare il trend predominante nella serie numerica.

Per quanto riguarda l'apertura delle porte, invece, vengono cercate nel database solo le porte attualmente aperte e, di queste, si effettua il calcolo del tempo da cui vertono in tale stato.

Sia i valori dei sensori, che i feedback corrispondenti, sono considerati rispetto ad una **finestra temporale degli ultimi 20 minuti**. Questo garantisce una rigenerazione ciclica dello stato del sistema, che "segue" l'evoluzione del sistema e del sentimento dei suoi utenti.

Web app e Feedback

La web app è stata realizzata in **responsive**, per potersi adattare alla risoluzione dello schermo di qualsiasi dispositivo. L'applicazione fa uso intensivo del Javascript, in particolare della libreria jQuery: con una cadenza regolare interroga il server (API pubblica descritta in precedenza) e legge il JSON contenente i dati aggiornati.

Per quanto riguarda i **feedback**, l'introduzione avviene tramite una sezione della web app contenente un form che consente all'utente di valutare (attraverso un giudizio qualitativo) ciascuna componente costitutiva del servizio. La **fusione delle segnalazioni con i dati sensoriali** avviene analizzando, in prima istanza, le criticità rilevate attraverso le soglie predefinite nel sistema ed incrociandole con le lamentele sopraggiunte dagli utenti nell'ultimo periodo (finestra temporale degli ultimi 20 minuti).

Dal risultato di questa fusione, vengono prodotti appositi messaggi e avvisi, che vengono poi mostrati nell'interfaccia pubblica della web app (attraverso un monitor installato fisicamente nella sala studio).

Lo stesso input può servire sia allo staff del Politecnico per prendere le dovute contromisure, sia ai presenti in sala per poter rendersi conto della situazione in corso ed, eventualmente, modificare il proprio comportamento (es. livello di rumore troppo elevato). È dimostrato che la visione dell'attuale andamento dei consumi da parte degli utenti porta ad una riduzione generale degli stessi.

Risultati ottenuti

Al termine di questo lavoro, è stato realizzato un prototipo di stazione di rilevamento associata ad un server centrale, ospitato su una macchina virtuale. Attraverso una serie di prove pratiche, si è constatato il corretto funzionamento del sistema e la capacità di reagire prontamente all'evoluzione delle condizioni ambientali (della sala studio) da una parte e delle segnalazioni degli utenti dall'altra. I messaggi visualizzati vengono generati in tempo pseudo-reale (compatibilmente con la frequenza di aggiornamento della stazione di rilevamento).

Conclusioni

S3 consente di avere una visione dettagliata e puntuale delle condizioni della sala studio. Attraverso uno studio condotto tra gli utenti di un'aula studio del Politecnico di Torino, si è arrivati a definire i requisiti di un sistema in grado di monitorare la qualità del servizio erogato per mezzo di segnalazioni inviate dai propri utenti.

Attraverso la **correlazione di misure rilevate da sensori con i feedback degli studenti**, si sono generati degli avvisi su un'interfaccia grafica progettata ad-hoc e mostrata al pubblico attraverso un monitor, al fine di ottenere un **utilizzo più sostenibile e consapevole della struttura**.

La gamma di sensori in azione può essere facilmente estesa e modificata, per aumentare la copertura del sistema.