Progetto

MUSEUM SMART VIEW

POR CAMPANIA FESR 2014/2020

DELIVERABLE TASK 2.4

Titolo

STUDIO E PROGETTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DELL'ARCHITETTURA IOT

DIRITTI DI PROPRIETA' INTELLETTUALE

Questo documento contiene informazioni che sono di proprietà dei soggetti attuatori del progetto POR CAMPANIA FESR 2014/2020 denominato "MUSEUM SMART VIEW". Il presente documento e le informazioni in esso contenute non devono essere usati, duplicate o comunicate con qualsiasi mezzo a terzi, in tutto o in parte, se non con il preventivo consenso scritto dei soggetti attuatori del progetto POR CAMPANIA FESR 2014/2020 "MUSEUM SMART VIEW"

Sommario

1 Grado di raggiungimento degli obiettivi 5
2 Relazione sulle soluzioni e sulle tecnologie individuate 6
2.1 Struttura di una rete IoT 6
2.2 Il Bluetooth Low Energy (BLE) 7
2.3 I Beacon BLE 7
2.4 I Gateway BLE-WiFi 8
2.5 Tecniche di localizzazione indoor 9
2.6 I layers della soluzione di rilevamento indoor 12
3 La rete IoT per la localizzazione all'interno del sito espositivo 14
4 La base dati per la persistenza dei dati 18
4.1 La struttura delle tabelle 18
4.2 Gli schemi Entità Relazioni 24
5 Gestione del sito espositivo 27
5.1 Analisi delle esigenze e delle soluzioni 27
5.2 Il portale 27
5.2.1 Le tecnologie individuate per il portale server 28
5.2.2 L'organizzazione del portale 29
5.2.3 Il frontoffice del portale 30
5.2.4 Il backoffice del portale 31
6 Conclusioni 33

Informazioni sul documento

Task n.	**2.4**
Titolo	**STUDIO E PROGETTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DELL'ARCHITETTURA IOT**
Deliverable previsto nel progetto	**Specifiche della realizzazione dell'App**
Partecipante/i	**ENGINFO CONSULTING SRL, MAJOR BIT CONSULTING SRL, NETTUNO SOLUTIONS SRL**
Approvazione resp. scientifico	

Scopo del documento

Nel presente documento sono descritte le attività, inerenti il progetto Museum Smart View, di ricerca, analisi e disegno, per la realizzazione di una rete IoT per il rilevamento dei percorsi effettuati dai visitatori di un sito espositivo e del portale server di gestione della rete IoT e dei dati da essa provenienti.

Struttura del documento

Il documento è organizzato in sette capitoli.

Acronimi e termini chiave

ACRONIMO	DESCRIZIONE
SPES	Spazio Espositivo
BROKER	Un broker di messaggi è un software che consente ad applicazioni, sistemi e servizi di comunicare tra loro e scambiare informazioni
BEACON	Dispositivo di trasmissione dati attraverso una rete senza fili
GATEWAY	Dispositivo di ricezione dati
IOT	Internet Of Things (Internet delle Cose)

1 Grado di raggiungimento degli obiettivi

Sono state completate le attività di ricerca, analisi e verifica delle tecnologie legate ai dispositivi IoT necessarie per la progettazione di una rete IoT che permetta la localizzazione dei visitatori all'interno del sito espositivo e del portale server necessario alla raccolta, ed alla gestione, delle informazioni provenienti dai rilevamenti effettuati dalla rete stessa e della gestione dei contenuti.

A seguire una relazione tecnica riguardo le analisi e gli obiettivi raggiunti.

2 Relazione sulle soluzioni e sulle tecnologie individuate

2.1 Struttura di una rete IoT

Introduzione: durante la fase di ricerca e analisi delle tecnologie per la realizzazione della rete IoT, sono state individuate e selezionate quelle di maggior efficacia per fornire una soluzione avanzata di navigazione e interazione con i visitatori all'interno di siti espositivi, in particolare musei e gallerie d'arte. L'obiettivo è migliorare l'esperienza di visita, fornendo informazioni dettagliate e guidando i visitatori in itinerari personalizzati.

Tecnologie selezionate: le tecnologie chiave identificate per il sistema sono i Beacon e i Gateway Bluetooth Low Energy (BLE) per il fronte legato al rilevamento indoor e le reti WiFi per il fronte di comunicazione verso il server di gestione. Questa combinazione di tecnologie offre diverse caratteristiche vantaggiose per l'implementazione dell'infrastruttura IoT all'interno del sito espositivo.

Utilizzo dei Beacon e dei Gateway Bluetooth Low Energy (BLE): i Beacon sono dispositivi a basso consumo energetico e di dimensioni ridotte, ideali per essere integrati in badge o braccialetti forniti ai visitatori. Questi beacon trasmettono segnali Bluetooth a basso consumo energetico, consentendo di rilevare la presenza dei visitatori all'interno di determinate zone del sito espositivo.

I Gateway BLE, posizionati strategicamente in punti definiti della struttura espositiva, svolgono il ruolo di ricevere i segnali inviati dai Beacon. Questi gateway sono configurati una sola volta e utilizzati per la rilevazione della navigazione indoor. Il sistema mappa l'intera area espositiva grazie alla presenza dei gateway e può così monitorare il movimento dei visitatori.

Funzionalità di navigazione e interazione: grazie alla combinazione di Beacon e Gateway BLE, il sistema è in grado di fornire indicazioni di navigazione ai visitatori e di visualizzarlo o su una webapp oppure anche tramite app su smartphone. Quando un visitatore indossa il badge o il braccialetto, contenente un Beacon, il sistema può determinare la sua posizione all'interno del sito espositivo mediante i metodi descritti successivamente

Questo permette di fornire all'utente indicazioni dettagliate sul percorso che può seguire, rendendo più agevole l'orientamento all'interno del museo o della galleria d'arte. Inoltre, quando un visitatore si avvicina a un Punto di Interesse (POI), il sistema rileva questa vicinanza e attiva specifiche azioni, come ad esempio fornire informazioni dettagliate sull'opera esposta o sul punto di interesse stesso.

Interazione con i visitatori: l'interazione con i visitatori avviene tramite notifiche inviate direttamente sui dispositivi mobili degli utenti. Quando un visitatore raggiunge un determinato POI, o un'opera d'arte di interesse, il sistema invia una notifica al dispositivo mobile dell'utente. Questa notifica contiene contenuti multimediali, come descrizioni dettagliate dell'opera, informazioni storiche o approfondimenti tematici. In questo modo, si migliora significativamente l'esperienza di visita del sito espositivo, rendendo l'interazione con le opere d'arte più coinvolgente e informativa.

Vantaggi dell'utilizzo dei dispositivi BLE: l'utilizzo dei dispositivi BLE offre numerosi vantaggi per l'implementazione del sistema. La bassa potenza di trasmissione dei Beacon e dei Gateway Bluetooth Low Energy consente di garantire una maggiore durata delle batterie, riducendo la necessità di frequenti sostituzioni o ricariche. Inoltre, le dimensioni ridotte dei dispositivi BLE evitano interferenze estetiche, mantenendo intatto l'aspetto e l'atmosfera dell'ambiente espositivo.

Conclusioni: la progettazione e l'implementazione di una rete IoT basata su Beacon e Gateway Bluetooth Low Energy (BLE), insieme all'utilizzo di reti WiFi per la comunicazione con il server di gestione, permette di offrire un sistema di navigazione e interazione avanzato per i visitatori all'interno di siti espositivi, come musei e gallerie d'arte. Questa soluzione migliora l'esperienza di visita, fornendo indicazioni precise sulla localizzazione dei visitatori e consentendo interazioni personalizzate con le opere d'arte e i punti di interesse, arricchendo così il percorso espositivo complessivo.

2.2 Il Bluetooth Low Energy (BLE)

Bluetooth Low Energy (Bluetooth LE o BLE) è una tecnologia wireless sviluppata dal Bluetooth Special Interest Group (SIG) con l'obiettivo di fornire una connettività a basso consumo energetico e costi ridotti, pur mantenendo un intervallo di comunicazione simile alla versione precedente del Bluetooth, comunemente noto come "Bluetooth classico" o Bluetooth Base Rate/Enhanced Data Rate (BR/EDR).

A differenza del Bluetooth classico, il Bluetooth Low Energy non è retrocompatibile con il protocollo BR/EDR. Tuttavia, le specifiche Bluetooth 4.0 consentono ai dispositivi di implementare uno o entrambi i sistemi, ovvero il Bluetooth LE e il BR/EDR, per garantire una maggiore flessibilità e adattabilità alle diverse esigenze di connettività dei dispositivi.

Il Bluetooth Low Energy utilizza le stesse frequenze radio a 2.4 GHz del Bluetooth classico, consentendo ai dispositivi dual-mode di condividere una singola antenna radio. Tuttavia, il Bluetooth LE impiega una modulazione più semplice rispetto al Bluetooth classico, il che contribuisce a ridurre il consumo di energia e aumentare l'efficienza della comunicazione.

Queste caratteristiche rendono il Bluetooth Low Energy particolarmente adatto per una vasta gamma di applicazioni, tra cui l'Internet delle cose (IoT), il monitoraggio della salute, i dispositivi indossabili (wearable), i sensori wireless e altro ancora. La tecnologia BLE è diventata sempre più popolare poiché offre una soluzione wireless affidabile e a basso consumo energetico per il trasferimento di dati e l'interazione tra dispositivi mobili, rendendo possibile l'implementazione di innovativi sistemi di navigazione indoor, come descritto in precedenza.

Grazie alla sua versatilità e alle prestazioni efficienti, il Bluetooth Low Energy continua a essere un pilastro fondamentale nello sviluppo di applicazioni wireless avanzate e nell'espansione del mondo connesso dell'IoT, offrendo una soluzione promettente per il futuro delle tecnologie wireless.

2.3 I Beacon BLE

I Beacon Bluetooth Low Energy (BLE) sono dispositivi trasmettitori hardware progettati per inviare segnali a dispositivi elettronici vicini che utilizzano il medesimo protocollo BLE per la ricezione. Questi beacon utilizzano il rilevamento di prossimità per trasmettere un identificativo univoco, noto come UUID (Universally Unique Identifier), che può essere rilevato da un'applicazione, un sistema operativo compatibile o un altro dispositivo hardware BLE nelle vicinanze. L'UUID e i dati associati inviati dai beacon possono essere utilizzati per determinare la posizione fisica del dispositivo ricevente o attivare azioni specifiche basate sul riconoscimento del dispositivo o sulla sua posizione.

Un esempio di utilizzo dei beacon BLE potrebbe essere la distribuzione di messaggi in un punto di interesse specifico, come un negozio, una fermata dell'autobus, una stanza o un luogo più specifico, come

un mobile o un distributore automatico. Grazie alla loro bassa potenza di trasmissione, i beacon BLE sono particolarmente adatti per queste applicazioni, in quanto hanno un impatto limitato sulla durata delle batterie dei dispositivi riceventi e possono fornire una precisione adeguata nella determinazione della posizione.

Un'altra tipologia di applicazione comune è la navigazione indoor, in cui i beacon Bluetooth aiutano uno smartphone o un dispositivo dotato di un'applicazione dedicata a determinare approssimativamente la sua posizione relativa a un beacon Bluetooth all'interno di un ambiente interno, come un centro commerciale o un museo. I negozi fisici spesso utilizzano i beacon per offrire offerte speciali ai clienti tramite il mobile marketing e possono abilitare i pagamenti mobili tramite i sistemi di punti vendita.

È importante notare che i beacon Bluetooth differiscono da alcune altre tecnologie basate sulla posizione, poiché il dispositivo di trasmissione (il beacon) invia solo segnali unidirezionali verso i dispositivi riceventi (come gli smartphone) o i dispositivi gateway, e richiede una specifica applicazione installata sul dispositivo ricevente per interagire con i beacon. Di conseguenza, solo l'app installata e non il beacon stesso può tracciare gli utenti.

I trasmettitori beacon Bluetooth sono disponibili in una varietà di forme e dimensioni, tra cui piccoli dispositivi a bottone, chiavette USB, schede simili a carte di credito e altro ancora. La loro versatilità e l'ampia gamma di possibilità di utilizzo li rendono una soluzione popolare per diverse applicazioni nell'ambito dell'IoT e della navigazione indoor, migliorando l'esperienza degli utenti e fornendo opportunità di marketing e interazione personalizzate.

2.4 I Gateway BLE-WiFi

I gateway WiFi BLE, noti anche come gateway Bluetooth over WiFi o ponti BLE/WiFi, sono dispositivi progettati per fungere da intermediari tra i dispositivi Bluetooth Low Energy (BLE) e la rete WiFi. Questi gateway consentono di estendere la copertura e la portata dei dispositivi BLE e di trasmettere i dati rilevati dai beacon BLE verso un server o un'applicazione remota tramite la connessione WiFi.

La loro funzione principale è quella di raccogliere e aggregare i dati provenienti dai beacon BLE situati nelle vicinanze e trasmetterli alla rete WiFi. Questo processo rende possibile la comunicazione dei dispositivi BLE con il mondo esterno e consente agli utenti di accedere ai dati raccolti dai beacon attraverso Internet.

I gateway WiFi BLE possono essere implementati in diversi scenari, tra cui:

Navigazione indoor: nei sistemi di navigazione indoor basati su beacon BLE, i gateway WiFi BLE possono essere collocati strategicamente all'interno di un edificio o di una struttura espositiva. Raccolgono i dati trasmessi dai beacon BLE e li inviano al server di navigazione tramite la connessione WiFi. In questo modo, gli utenti possono ricevere indicazioni e informazioni sul loro dispositivo mobile tramite una app dedicata.

Monitoraggio dell'asset: nei contesti industriali o aziendali, i dispositivi BLE possono essere utilizzati per il monitoraggio di asset, come attrezzature, veicoli o dispositivi di produzione. I gateway WiFi BLE raccolgono i dati dai beacon BLE associati agli asset e li inviano a un sistema di monitoraggio centralizzato, consentendo il tracciamento e la gestione degli asset in tempo reale.

Retail e marketing: i beacon BLE possono essere collocati nei punti di vendita o in luoghi di interesse commerciale. I gateway WiFi BLE raccolgono i dati trasmessi dai beacon e consentono ai negozi di fornire offerte personalizzate e messaggi promozionali ai clienti tramite la connessione WiFi.

I vantaggi dei gateway WiFi BLE includono:

Estensione della copertura: i gateway consentono ai dispositivi BLE di comunicare su distanze maggiori rispetto a quanto sarebbe possibile in un ambiente BLE autonomo.

Connettività a Internet: grazie alla connessione WiFi, i dati raccolti dai dispositivi BLE possono essere inviati a un server remoto o a una piattaforma cloud per l'elaborazione e l'analisi.

Scalabilità: i gateway WiFi BLE possono gestire e raccogliere dati da numerosi dispositivi BLE contemporaneamente, consentendo la creazione di reti BLE estese e complesse.

Facilità di integrazione: i gateway possono essere integrati facilmente in reti WiFi esistenti e non richiedono l'installazione di infrastrutture dedicate.

Maggiore flessibilità: la combinazione di BLE e WiFi offre una maggiore flessibilità nell'implementazione di soluzioni IoT e di navigazione indoor, consentendo una migliore esperienza utente e una gestione più efficiente delle risorse.

In sintesi, i gateway WiFi BLE sono strumenti importanti per la creazione di reti IoT e soluzioni di navigazione avanzate, poiché consentono di collegare i dispositivi BLE alla rete WiFi, estendendo le capacità e l'accessibilità dei dispositivi BLE e fornendo un'interfaccia con il mondo esterno.

In quest'ambito sono stati individuati anche alcuni possibili dispositivi ed i relativi fornitori da utilizzare durante la fase di realizzazione del progetto finale.

A seguire due Beacon Tag ed un Beacon Gateway della BlueUp ed un Beacon Gateway della MOKO Tecnology.

2.5 Tecniche di localizzazione indoor

La tecnica di triangolazione, nota anche come trilaterazione o multilateralizzazione, è stata valutata come una delle possibili soluzioni per l'accurata localizzazione dei visitatori rispetto agli ambienti e alle opere esposte all'interno del sito espositivo. Durante la fase di disegno esecutivo e realizzazione, verrà selezionata la tecnica più efficace e precisa per garantire una navigazione indoor precisa ed efficiente.

La triangolazione è un metodo matematico che permette di stimare la posizione di un dispositivo, come un Beacon, basandosi sulle distanze rilevate dai Gateway circostanti. Per ottenere una posizione accurata, è necessario rilevare le distanze dal dispositivo in oggetto a un minimo di tre Gateway posizionati in punti noti dell'area espositiva.

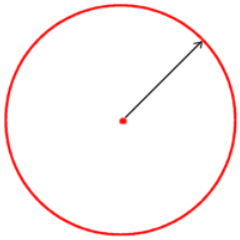
Supponiamo di avere un solo Gateway (denominato Gateway A) e di voler determinare la posizione del Beacon (il dispositivo da localizzare). Il primo passo consiste nel misurare la distanza tra il Beacon e il

Gateway A. Una volta ottenuta questa stima della distanza, possiamo affermare che il Beacon potrebbe trovarsi in qualsiasi punto all'interno di una circonferenza avente il Gateway A come centro e il raggio uguale alla distanza misurata. In altre parole, il Beacon può trovarsi in qualunque punto sulla circonferenza, poiché la distanza tra il Beacon e il Gateway A è costante.

Tuttavia, l'individuazione della posizione reale del Beacon richiede almeno altre due misurazioni di distanza da parte di Gateway diversi. Supponiamo di aggiungere un secondo Gateway (Gateway B) con una distanza misurata dal Beacon. Ora, invece di avere una circonferenza, abbiamo due circonferenze con centro nei Gateway A e B e raggio rispettivamente pari alle distanze misurate. I punti di intersezione delle due circonferenze rappresentano i possibili punti in cui il Beacon potrebbe trovarsi. In termini geometrici, l'intersezione delle due circonferenze rappresenta la posizione possibile del Beacon.

Aggiungendo un terzo Gateway (Gateway C) con la sua misurazione di distanza, le tre circonferenze si intersecheranno in un unico punto, che rappresenta la posizione effettiva del Beacon. Questo è il motivo per cui è necessario avere almeno tre Gateway per effettuare una triangolazione accurata e determinare con precisione la posizione del Beacon all'interno del sito espositivo.

La triangolazione, basata su misurazioni di distanza da tre o più Gateway, consente quindi di calcolare con precisione la posizione dei dispositivi Beacon all'interno dell'area espositiva. Questa tecnica è fondamentale per garantire un sistema di navigazione indoor affidabile e migliorare l'esperienza dei visitatori, fornendo indicazioni precise e interazioni personalizzate durante la visita al sito espositivo.



Immaginiamo di avere due Gateway nella rete, Gateway A e Gateway B, e di rilevare che il target (il Beacon) si trova a 2 metri dal Gateway A e a 3 metri dal Gateway B. Tracciamo le due circonferenze aventi come centro rispettivamente il Gateway A e il Gateway B, e con raggio pari alle distanze rilevate.

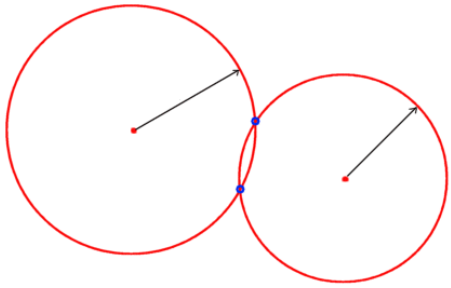
Osserviamo che le due circonferenze si intersecano in due punti. Questi punti rappresentano le posizioni possibili in cui il Beacon potrebbe trovarsi, poiché sia la distanza dal Gateway A che quella dal Gateway B sono rispettate da entrambi i punti di intersezione.

In questo scenario, non possiamo stabilire con certezza quale delle due posizioni sia quella reale del Beacon. Potrebbe trovarsi in uno dei due punti di intersezione o in una posizione intermedia tra di essi.

Per ottenere una localizzazione precisa e univoca del Beacon, è necessario aggiungere un terzo Gateway (Gateway C) o più, in modo che le circonferenze intersechino in un unico punto. Con tre o più Gateway, il sistema di triangolazione può calcolare con precisione la posizione del Beacon all'interno dell'area espositiva.

In sintesi, con solo due Gateway, la localizzazione del Beacon può essere ambigua, e ci possono essere più posizioni possibili in cui il Beacon potrebbe trovarsi. Per garantire una localizzazione precisa, è

necessario avere almeno tre Gateway o più, in modo che il sistema possa determinare con esattezza la posizione del Beacon all'interno del sito espositivo.



Consideriamo quindi l'aggiunta di un terzo Gateway (denominato Gateway C) alla rete, e vediamo come questo influisce sulla determinazione della posizione del Beacon.

Supponiamo di rilevare le seguenti distanze dal Beacon ai tre Gateway:

Distanza dal Gateway A: 2 metri

Distanza dal Gateway B: 3 metri

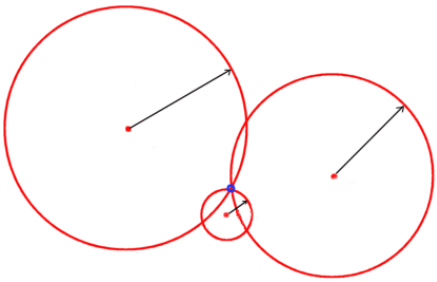
Distanza dal Gateway C: 2.6 metri

Tracciamo quindi le tre circonferenze aventi come centri rispettivamente il Gateway A, il Gateway B e il Gateway C, e con raggio pari alle distanze rilevate. Queste tre circonferenze si intersecheranno in un punto unico, che rappresenta la posizione precisa del Beacon all'interno dell'area espositiva.

La posizione del Beacon sarà esattamente quella corrispondente al punto di intersezione delle tre circonferenze, poiché questo punto è l'unico che soddisfa simultaneamente le distanze rilevate da ciascun Gateway (2 metri da A, 3 metri da B e 2.6 metri da C).

Con tre Gateway, abbiamo eliminato l'ambiguità della localizzazione e ottenuto un posizionamento accurato del Beacon. La triangolazione utilizzando tre o più punti di riferimento (Gateway) ci consente di calcolare con precisione la posizione del Beacon all'interno dell'ambiente espositivo.

In conclusione, l'aggiunta di un terzo Gateway (C) ha permesso di ottenere un'unica posizione del Beacon, rendendo la localizzazione più precisa e affidabile. Con tre o più Gateway, il sistema di triangolazione fornisce un posizionamento accurato dei dispositivi Beacon, consentendo di offrire indicazioni precise di navigazione e interazioni personalizzate durante la visita al sito espositivo.



2.6 I layers della soluzione di rilevamento indoor

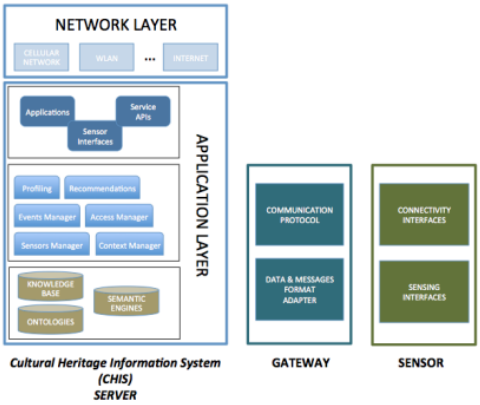
L'architettura proposta per il sistema IoT si basa sul modello a tre strati, che comprende i seguenti elementi:

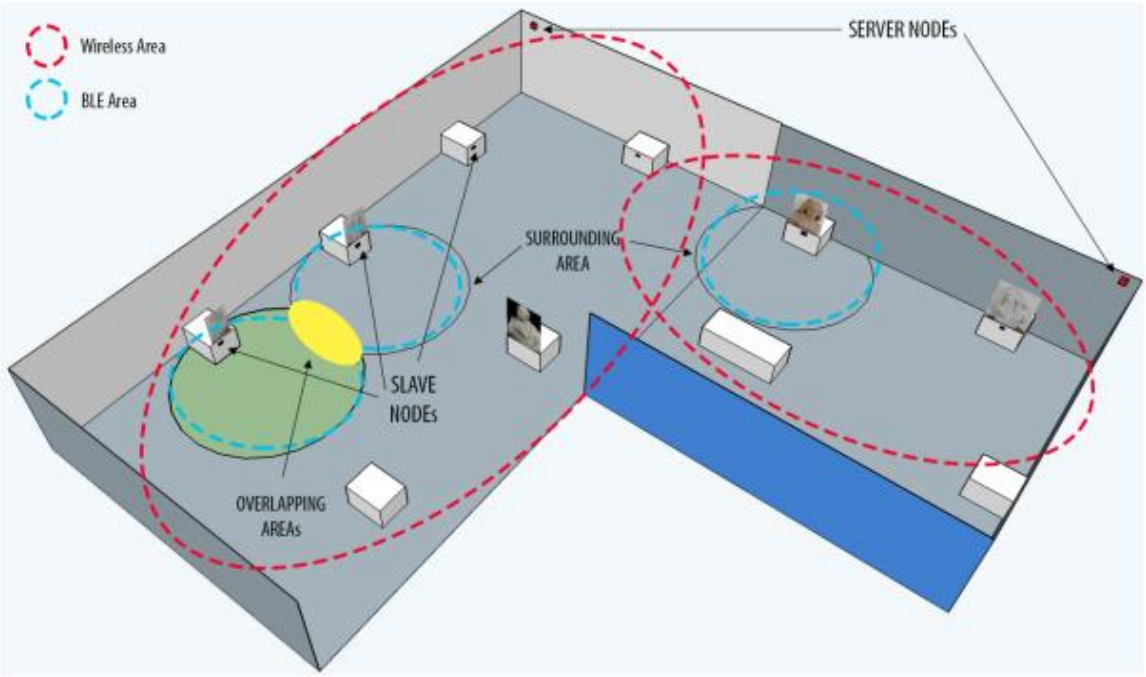
Strato di rilevamento: Questo strato è dedicato alla raccolta e all'acquisizione dei dati provenienti dai sensori e dispositivi di rilevamento distribuiti all'interno del sito espositivo. Include nodi di collaborazione a corto raggio e reti locali, come i dispositivi Beacon Bluetooth Low Energy (BLE) utilizzati per la localizzazione dei visitatori e per la rilevazione di prossimità rispetto alle opere esposte. Questo strato svolge un ruolo cruciale nella raccolta dei dati ambientali e dei segnali trasmessi dai dispositivi Beacon e li trasferisce al livello di rete per ulteriori elaborazioni e trasmissioni.

Strato di rete: Il livello di rete si occupa del trasferimento dei dati raccolti dallo strato di rilevamento attraverso diverse reti e applicazioni. Include i gateway WiFi BLE, che fungono da intermediari tra i dispositivi BLE e la rete WiFi, consentendo di estendere la copertura e trasmettere i dati rilevati dai dispositivi Beacon verso il portale server. Il livello di rete garantisce la connettività tra i dispositivi IoT distribuiti all'interno del sito espositivo e il server di gestione.

Strato dell'applicazione: Questo strato contiene le applicazioni IoT distribuite insieme alle funzionalità del middleware. Comprende il portale server, che agisce come il punto centrale di raccolta, elaborazione e gestione dei dati provenienti dai sensori e dai dispositivi distribuiti nell'ambiente espositivo. Il portale server offre le funzionalità di analisi dei dati, di gestione delle interazioni con i visitatori e di fornitura di contenuti multimediali e informazioni pertinenti in base alla posizione dei visitatori rispetto alle opere esposte. Inoltre, le applicazioni IoT su questo livello consentono di offrire indicazioni di navigazione personalizzate ai visitatori tramite le app presenti sui loro dispositivi mobili.

In sintesi, l'architettura a tre strati proposta per il sistema IoT comprende il livello di rilevamento dedicato alla raccolta dei dati dai sensori e dispositivi di rilevamento, il livello di rete per il trasferimento dei dati attraverso diverse reti e applicazioni e il livello dell'applicazione con il portale server, il gateway e i sensori. Questa architettura consente di realizzare un sistema di navigazione indoor avanzato e migliorare l'esperienza dei visitatori all'interno del sito espositivo, fornendo indicazioni precise e interazioni personalizzate basate sulla posizione dei visitatori rispetto alle opere esposte.




Wireless Area
BLE Area
SERVER NODEs
SURROUNDING AREA
SLAVE NODEs
OVERLAPPING AREAs

3 La rete IoT per la localizzazione all'interno del sito espositivo

Al fine di raccogliere informazioni per fini statistici, ma anche per l'utilizzo in tempo reale, relativamente al percorso, agli interessi, alla presenza dei visitatori nel sito museale, si definirà l'architettura di una rete IoT realizzata con dispositivi Bluetooth LE.

Uno dei requisiti sarà quello di non vincolare il visitatore ad utilizzare, come strumento di rilevamento della propria posizione, uno smartphone o un tablet durante la propria visita presso il sito museale, ma semplicemente di fornire al visitatore un apposito badge, o un braccialetto da indossare durante la propria visita, che agirà da strumento per la localizzazione del visitatore. Sarà facoltativa la possibilità per l'utente di utilizzare anche un'app sul proprio smartphone che gli metterà a disposizione contenuti aggiuntivi ed una migliore esperienza di visita.

In questo scenario, il badge o il braccialetto in dotazione al visitatore, saranno quindi dei dispositivi Beacon BLE i cui messaggi dovranno essere catturati dai Gateway BLE-WiFi presenti nei differenti ambienti del sito museale. I Gateway a loro volta saranno configurati per inviare i messaggi ricevuti dai Beacon ad un server che li elaborerà stabilendo la posizione del visitatore all'interno del sito museale e da questo tutte le altre informazioni derivate. Il trasferimento dei dati, tra il Gateway ed il Server di Backend, avverrà attraverso il protocollo MQTT ed il suo specifico broker di connessione.

Il protocollo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) è un protocollo di messaggistica leggero di tipo publish-subscribe, progettato per l'Internet delle cose (IoT) e le applicazioni di comunicazione machine-to-machine (M2M). Esso fornisce un'efficiente e affidabile comunicazione tra dispositivi con risorse limitate, come i dispositivi Beacon BLE utilizzati nel sistema proposto per la localizzazione e il monitoraggio all'interno del sito museale.

Il modello publish-subscribe utilizzato da MQTT prevede un broker di messaggistica, che funge da intermediario tra i nodi della rete. I nodi client sottoscrivono specifici "topic" o "tag" di interesse presso il broker, dichiarando quali tipi di messaggi desiderano ricevere. Quando un nodo invia un messaggio a un determinato topic, il broker distribuisce il messaggio ai client sottoscritti a quel topic.

La leggerezza del protocollo MQTT è fondamentale per le applicazioni IoT, poiché riduce l'impatto energetico e l'utilizzo della banda, il che è particolarmente importante per dispositivi a basso consumo come i Beacon BLE. MQTT è stato progettato per funzionare in ambienti con risorse limitate, rendendolo una scelta ideale per i sistemi IoT, compresi quelli implementati nel contesto museale.

Nel sistema proposto per il sito museale, i dispositivi Beacon BLE fungono da nodi client che inviano i loro messaggi al broker MQTT tramite i Gateway BLE-WiFi, che agiscono come intermediari di comunicazione. Il broker MQTT è responsabile della ricezione dei messaggi dai Gateway e della distribuzione dei messaggi ai client sottoscritti, che potrebbero essere applicazioni sul server di backend o app sugli smartphone dei visitatori.

Il protocollo MQTT consente una comunicazione bidirezionale tra i dispositivi e il server di backend, consentendo la trasmissione efficiente dei dati raccolti dai Beacon. Il server di backend elabora i dati ricevuti dai Gateway e stabilisce la posizione del visitatore all'interno del sito museale. Utilizzando queste

informazioni, il sistema può fornire contenuti personalizzati, indicazioni di navigazione, informazioni su opere e punti di interesse, nonché statistiche sulle visite e l'affollamento in tempo reale.

Inoltre, grazie alla leggerezza del protocollo MQTT, il sistema può gestire un gran numero di dispositivi Beacon e Gateway simultaneamente senza un impatto significativo sulle risorse di rete e di energia. Ciò consente un monitoraggio continuo e affidabile dell'ubicazione e delle attività dei visitatori all'interno del sito museale.

In sintesi, il protocollo MQTT è una scelta ideale per l'architettura di rete IoT proposta nel contesto museale, poiché consente una comunicazione leggera e efficiente tra i dispositivi Beacon BLE, i Gateway BLE-WiFi e il server di backend. Questo sistema consentirà di fornire una localizzazione precisa dei visitatori, contenuti personalizzati e statistiche in tempo reale, migliorando notevolmente l'esperienza di visita e la gestione del sito museale.

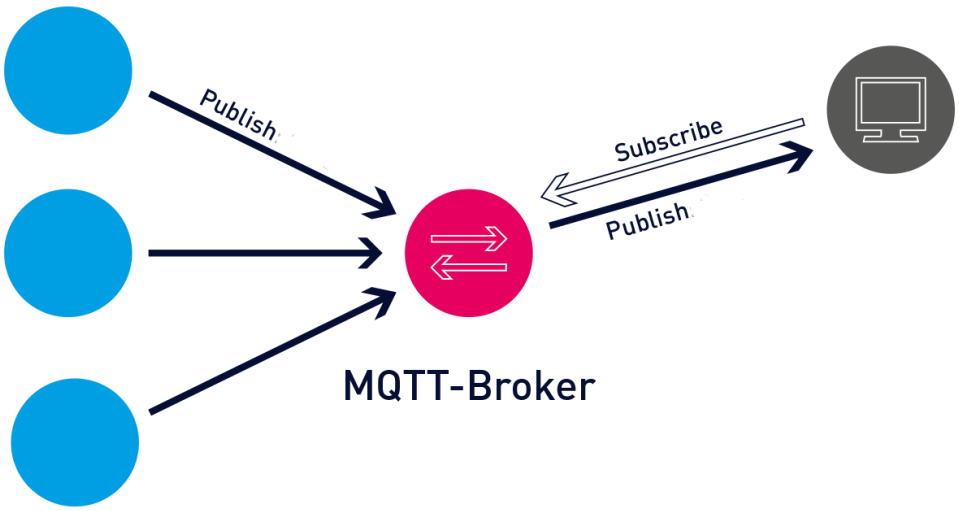


Figura 1: Flussi del protocollo MQTT

Il Server di Portale svolgerà un ruolo centrale nel sistema IoT proposto all'interno del sito museale. Tra i suoi differenti compiti, avrà il compito di ricevere i dati di navigazione provenienti dal broker MQTT, elaborare le informazioni rilevanti provenienti dai dispositivi Beacon e alimentare il database con le informazioni necessarie per fini statistici, analitici e di assistenza alla navigazione del visitatore.

La precisione nella localizzazione del visitatore sarà di fondamentale importanza per garantire un'esperienza di navigazione accurata e personalizzata. A tal fine, il sistema farà ricorso alle tecniche di triangolazione avanzate, precedentemente descritte. Ogni ambiente del sito museale sarà dotato di tre Gateway BLE-WiFi, in modo che le tre rilevazioni provenienti da ogni Beacon consentiranno al Server di Portale di triangolare con precisione la posizione esatta del visitatore.

Le tre rilevazioni dai Gateway BLE-WiFi, relative a un singolo Beacon, permetteranno al sistema di determinare la distanza tra il Beacon e ciascun Gateway. Utilizzando queste informazioni, il Server di

Portale sarà in grado di calcolare la posizione del Beacon all'interno di ciascun ambiente del sito espositivo.

La triangolazione è un metodo matematico che, basandosi su misurazioni di distanza provenienti da tre punti di riferimento noti (i Gateway), consente di calcolare la posizione esatta del Beacon all'interno di ciascun ambiente. I tre Gateway, posizionati strategicamente, formeranno una sorta di "triangolo" intorno al Beacon, e il punto in cui i tre raggi si intersecano rappresenterà la posizione precisa del visitatore.

Poiché ogni ambiente sarà dotato di tre Gateway BLE-WiFi, il sistema avrà la capacità di triangolare con precisione la posizione di ogni Beacon all'interno del sito museale. Questo permetterà di fornire indicazioni di navigazione precise, informazioni sui punti di interesse e statistiche accurate relative all'affollamento in tempo reale.

In sintesi, il Server di Portale sarà il cuore del sistema IoT all'interno del sito museale, ricevendo e elaborando i dati provenienti dai Beacon tramite i Gateway BLE-WiFi. Grazie alla tecnica di triangolazione, resa possibile dalla presenza di tre Gateway in ogni ambiente, il sistema garantirà una localizzazione accurata dei visitatori, migliorando l'esperienza di visita e fornendo informazioni dettagliate e personalizzate durante il percorso all'interno del sito espositivo.

Figura 2: Struttura logica della rete IoT

Dovrà essere attività prerequisito quella di configurare e mappare, tramite il backoffice del portale, i Gateway presenti nei differenti ambienti espositivi affinché l'informazione proveniente da questi possa essere associata all'ambiente corretto.

Ambiente espositivio	Id Gateway
Sala utensili dell'800	GW354, GW786, GW231
Sala utensili del 900	GW426, GW765, GW102
Sala disegni e stampe	GW336, GW775, GW981
Corridoio espositivo est	GW654, GW987, GW456
Corridoio espositivo ovest	GW555, GW995, GW112

Tabella 1: Mappatura ambienti e gateway

4 La base dati per la persistenza dei dati

E' stato realizzato il disegno della base dati dell'applicazione server legato alla parte di immagazzinamento e gestione dei dati di localizzazione provenienti dal sito espositivo, così come l'individuazione dei possibili linguaggi di sviluppo, delle piattaforme di runtime e del DBMS, necessari alla realizzazione del portale server che dovrà, per l'appunto, gestire anche lo strato di persistenza dei dati di localizzazione relativi alle visite.

A seguire la struttura del database del portale server per la parte relativa all'acquisizione dei dati di visita e di percorso effettuati dai visitatori. Sono riportare, sotto forma di codice SQL, l'insieme delle tabelle relative ai visitatori, alle opere, alle esposizioni ed agli ambienti espositivi al fine di popolare le tabelle relative alle visite effettuate.

4.1 La struttura delle tabelle

Tabella tb_ambienti_espositivi
Tabella tb_ambienti_espositivi_ble_gateway
Tabella tb_ble_beacon
Tabella tb_ble_gateway
Tabella tb_esposizioni
Tabella tb_opere
Tabella tb_opere_autori
Tabella tb_opere_categorie
Tabella tb_opere_datazioni
Tabella tb_opere_provenienze
Tabella tb_utenti
Tabella tb_visitatori
Tabella tb_visitatori_profilo
Tabella tb_visite
Tabella tb_visite_ambienti
Tabella tb_visite_opere

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `MuseumSV`.`tb_ambienti_espositivi` (
  `id_ambiente` INT NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `denominazione` VARCHAR(128) NOT NULL,
  `piano` VARCHAR(1) NULL,
  `stanza` VARCHAR(45) NULL,
  `ubicazione` VARCHAR(128) NULL,
  PRIMARY KEY (`id_ambiente`),
  CONSTRAINT `fk_tb_ambienti_tb_visite_posizioni`
    FOREIGN KEY (`id_ambiente`)
    REFERENCES `MuseumSV`.`tb_visite_ambienti` (`id_ambiente`)
    ON DELETE NO ACTION
    ON UPDATE NO ACTION,
  CONSTRAINT `fk_tb_ambienti_espositivi_tb_esposizioni`
```

```
    FOREIGN KEY (`id_ambiente`)
    REFERENCES `MuseumSV`.`tb_esposizioni` (`id_ambiente_espositivo`)
    ON DELETE NO ACTION
    ON UPDATE NO ACTION,
  CONSTRAINT `fk_tb_ambienti_espositivi_tb_visite_opere`
    FOREIGN KEY (`id_ambiente`)
    REFERENCES `MuseumSV`.`tb_visite_opere` (`id_ambiente`)
    ON DELETE NO ACTION
    ON UPDATE NO ACTION)
ENGINE = InnoDB
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `MuseumSV`.`tb_ambienti_espositivi_ble_gateway` (
  `id_ambiente_espositivo` INT NOT NULL,
  `id_gateway` INT NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`id_ambiente_espositivo`, `id_gateway`),
  INDEX `idx_gateway` (`id_gateway` ASC),
  CONSTRAINT `fk_tb_ambienti_espositivi_beacon_1`
    FOREIGN KEY (`id_ambiente_espositivo`)
    REFERENCES `MuseumSV`.`tb_ambienti_espositivi` (`id_ambiente`)
    ON DELETE NO ACTION
    ON UPDATE NO ACTION,
  CONSTRAINT `fk_tb_ambienti_espositivi_beacon_2`
    FOREIGN KEY (`id_gateway`)
    REFERENCES `MuseumSV`.`tb_ble_gateway` (`id_gateway`)
    ON DELETE NO ACTION
    ON UPDATE NO ACTION)
ENGINE = InnoDB
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `MuseumSV`.`tb_ble_beacon` (
  `id_beacon` INT NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `uuid` VARCHAR(128) NOT NULL,
  `minor` INT NOT NULL,
  `major` INT NOT NULL,
  `battery` DOUBLE NOT NULL,
  `note` VARCHAR(255) NULL,
  PRIMARY KEY (`id_beacon`))
ENGINE = InnoDB
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `MuseumSV`.`tb_ble_gateway` (
  `id_gateway` INT NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `descrizione` VARCHAR(128) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`id_gateway`))
```

```
ENGINE = InnoDB


CREATE TABLE IF NOT EXISTS `MuseumSV`.`tb_esposizioni` (
  `id_esposizione` INT NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `id_opera` INT NOT NULL,
  `id_ambiente_espositivo` INT NOT NULL,
  `data_inizio` DATE NOT NULL,
  `data_fine` DATE NULL,
  `visibile_web` ENUM('S', 'N') NOT NULL DEFAULT 'S',
  PRIMARY KEY (`id_esposizione`),
  INDEX `idx_opera` (`id_opera` ASC),
  INDEX `idx_ambiente_espositivo` (`id_ambiente_espositivo` ASC))
ENGINE = InnoDB


CREATE TABLE IF NOT EXISTS `MuseumSV`.`tb_opere` (
  `id_opera` INT NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `nome` VARCHAR(45) NOT NULL,
  `descrizione` TEXT NOT NULL,
  `id_autore` INT NULL,
  `id_datazione` INT NULL,
  `id_provenienza` INT NULL,
  `id_categoria` INT NULL,
  `materiali` VARCHAR(128) NULL,
  `tecnica` VARCHAR(128) NULL,
  `misure` VARCHAR(128) NULL,
  `condizione_giuridica` VARCHAR(128) NULL,
  `storia_aneddoti` TEXT NULL,
  `bibliografia` TEXT NULL,
  `reperti_simili` TEXT NULL,
  PRIMARY KEY (`id_opera`),
  INDEX `idx_autori` (`id_autore` ASC),
  INDEX `idx_datazione` (`id_datazione` ASC),
  INDEX `idx_provenienza` (`id_provenienza` ASC),
  INDEX `idx_categoria` (`id_categoria` ASC),
  CONSTRAINT `fk_tb_opere_tb_esposizioni`
    FOREIGN KEY (`id_opera`)
    REFERENCES `MuseumSV`.`tb_esposizioni` (`id_opera`)
    ON DELETE NO ACTION
    ON UPDATE NO ACTION,
  CONSTRAINT `fk_tb_opere_tb_visite_opere`
    FOREIGN KEY (`id_opera`)
    REFERENCES `MuseumSV`.`tb_visite_opere` (`id_opera`)
    ON DELETE NO ACTION
```

```
  ON UPDATE NO ACTION)
ENGINE = InnoDB


CREATE TABLE IF NOT EXISTS `MuseumSV`.`tb_opere_autori` (
 `id_autore` INT NOT NULL,
 `nome` VARCHAR(128) NOT NULL,
 `data_nascita` DATE NOT NULL,
 `luogo_nascita` VARCHAR(128) NOT NULL,
 `data_morte` DATE NULL,
 `Luogo_morte` VARCHAR(128) NULL,
 PRIMARY KEY (`id_autore`),
 CONSTRAINT `fk_tb_opere_autori_tb_opere`
  FOREIGN KEY (`id_autore`)
  REFERENCES `MuseumSV`.`tb_opere` (`id_autore`)
  ON DELETE NO ACTION
  ON UPDATE NO ACTION)
ENGINE = InnoDB


CREATE TABLE IF NOT EXISTS `MuseumSV`.`tb_opere_categorie` (
 `id_categoria` INT NOT NULL AUTO_INCREMENT,
 `descrizione` VARCHAR(128) NOT NULL,
 PRIMARY KEY (`id_categoria`),
 CONSTRAINT `fk_tb_opere_categorie_tb_opere`
  FOREIGN KEY (`id_categoria`)
  REFERENCES `MuseumSV`.`tb_opere` (`id_categoria`)
  ON DELETE NO ACTION
  ON UPDATE NO ACTION)
ENGINE = InnoDB


CREATE TABLE IF NOT EXISTS `MuseumSV`.`tb_opere_datazioni` (
 `id_datazione` INT NOT NULL,
 `descrizione` VARCHAR(128) NOT NULL,
 `ordinamento` INT NOT NULL DEFAULT 0,
 PRIMARY KEY (`id_datazione`),
 CONSTRAINT `fk_tb_opere_datazioni_tb_opere`
  FOREIGN KEY (`id_datazione`)
  REFERENCES `MuseumSV`.`tb_opere` (`id_datazione`)
  ON DELETE NO ACTION
  ON UPDATE NO ACTION)
ENGINE = InnoDB
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `MuseumSV`.`tb_opere_provenienze` (
  `id_provenienza` INT NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `descrizione` VARCHAR(128) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`id_provenienza`),
  CONSTRAINT `fk_tb_opere_provenienze_tb_opere`
    FOREIGN KEY (`id_provenienza`)
    REFERENCES `MuseumSV`.`tb_opere` (`id_provenienza`)
    ON DELETE NO ACTION
    ON UPDATE NO ACTION)
ENGINE = InnoDB


CREATE TABLE IF NOT EXISTS `MuseumSV`.`tb_utenti` (
  `id_user` INT NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `nome` VARCHAR(45) NOT NULL,
  `cognome` VARCHAR(45) NOT NULL,
  `email` VARCHAR(128) NOT NULL,
  `password` VARCHAR(512) NOT NULL,
  `ruolo` ENUM('administrator', 'operator') NULL,
  PRIMARY KEY (`id_user`))
ENGINE = InnoDB


CREATE TABLE IF NOT EXISTS `MuseumSV`.`tb_visitatori` (
  `id_visitatore` INT NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `id_profilo` INT NULL,
  `ip_visitatore_virtuale` VARCHAR(45) NULL,
  `email` VARCHAR(512) NULL,
  `sesso` ENUM('M', 'F') NULL,
  `data_registrazione` DATE NULL,
  `eta` INT NULL,
  `origine` ENUM('Museo', 'Web') NOT NULL,
  `nazione` VARCHAR(2) NULL,
  PRIMARY KEY (`id_visitatore`),
  INDEX `idx_profilo` (`id_profilo` ASC),
  CONSTRAINT `fk_tb_visitatori_tb_visite`
    FOREIGN KEY (`id_visitatore`)
    REFERENCES `MuseumSV`.`tb_visite` (`id_visitatore`)
    ON DELETE NO ACTION
    ON UPDATE NO ACTION)
ENGINE = InnoDB


CREATE TABLE IF NOT EXISTS `MuseumSV`.`tb_visitatori_profilo` (
  `id_profilo` INT NOT NULL AUTO_INCREMENT,
```

```
  `descrizione` VARCHAR(45) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`id_profilo`),
  CONSTRAINT `fk_tb_visitatori_profilo_tb_visitatori`
    FOREIGN KEY (`id_profilo`)
    REFERENCES `MuseumSV`.`tb_visitatori` (`id_profilo`)
    ON DELETE NO ACTION
    ON UPDATE NO ACTION)
ENGINE = InnoDB


CREATE TABLE IF NOT EXISTS `MuseumSV`.`tb_visite` (
  `id_visita` INT NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `id_visitatore` INT NOT NULL,
  `data_riferimento` DATE NOT NULL,
  `data_ora_inizio_visita` DATETIME NOT NULL,
  `data_ora_fine_visita` DATETIME NOT NULL,
  `secondi_visita` INT NOT NULL,
  `eta` INT NOT NULL,
  `id_beacon` VARCHAR(45) NULL,
  `visita_web` ENUM('S', 'N') NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`id_visita`, `data_riferimento`),
  INDEX `idx_visitatori` (`id_visitatore` ASC),
  CONSTRAINT `fk_tb_visite_tb_visite_posizioni`
    FOREIGN KEY (`id_visita`)
    REFERENCES `MuseumSV`.`tb_visite_ambienti` (`id_visita`)
    ON DELETE NO ACTION
    ON UPDATE NO ACTION,
  CONSTRAINT `fk_tb_visite_tb_visite_opere`
    FOREIGN KEY (`id_visita`)
    REFERENCES `MuseumSV`.`tb_visite_opere` (`id_visita`)
    ON DELETE NO ACTION
    ON UPDATE NO ACTION)
ENGINE = InnoDB


CREATE TABLE IF NOT EXISTS `MuseumSV`.`tb_visite_ambienti` (
  `id_posizionamento` INT NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `id_visita` INT NOT NULL,
  `id_ambiente` INT NOT NULL,
  `data_ora_accesso` DATETIME NOT NULL,
  `data_ora_uscita` DATETIME NOT NULL,
  `secondi_permanenza` INT NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`id_posizionamento`),
  INDEX `idx_id_visitatore` (`id_visita` ASC),
  INDEX `idx_id_ambiente` (`id_ambiente` ASC))
```

```
ENGINE = InnoDB


CREATE TABLE IF NOT EXISTS `MuseumSV`.`tb_visite_opere` (
  `id_posizionamento` INT NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `id_visita` INT NOT NULL,
  `id_ambiente` INT NOT NULL,
  `id_opera` INT NOT NULL,
  `data_ora_accesso` DATETIME NOT NULL,
  `data_ora_uscita` DATETIME NOT NULL,
  `secondi_permanenza` INT NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`id_posizionamento`),
  INDEX `idx_id_visitatore` (`id_visita` ASC),
  INDEX `idx_id_ambiente` (`id_ambiente` ASC),
  INDEX `idx_opera` (`id_opera` ASC))
ENGINE = InnoDB
```

4.2 Gli schemi Entità Relazioni

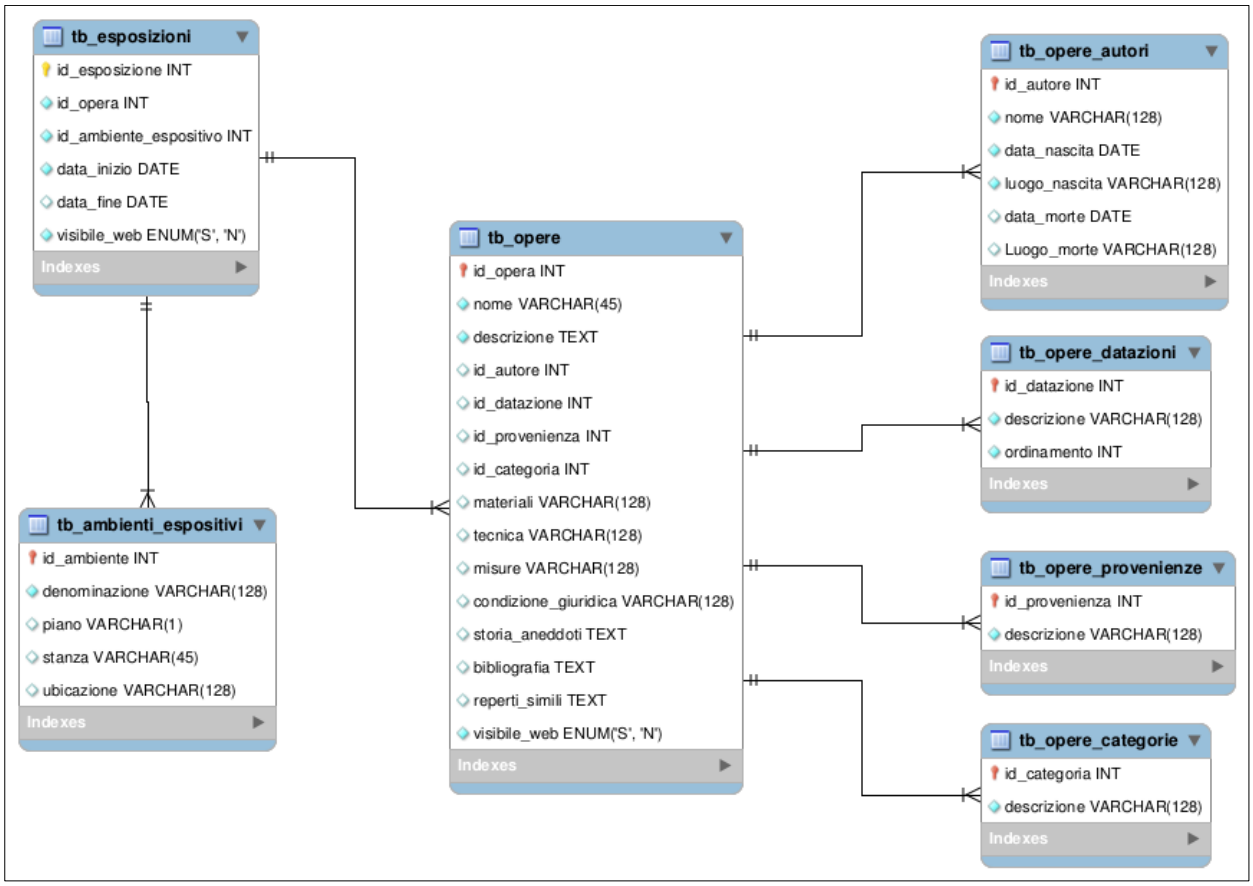


Figura 3: Schema Entità Relazioni delle opere

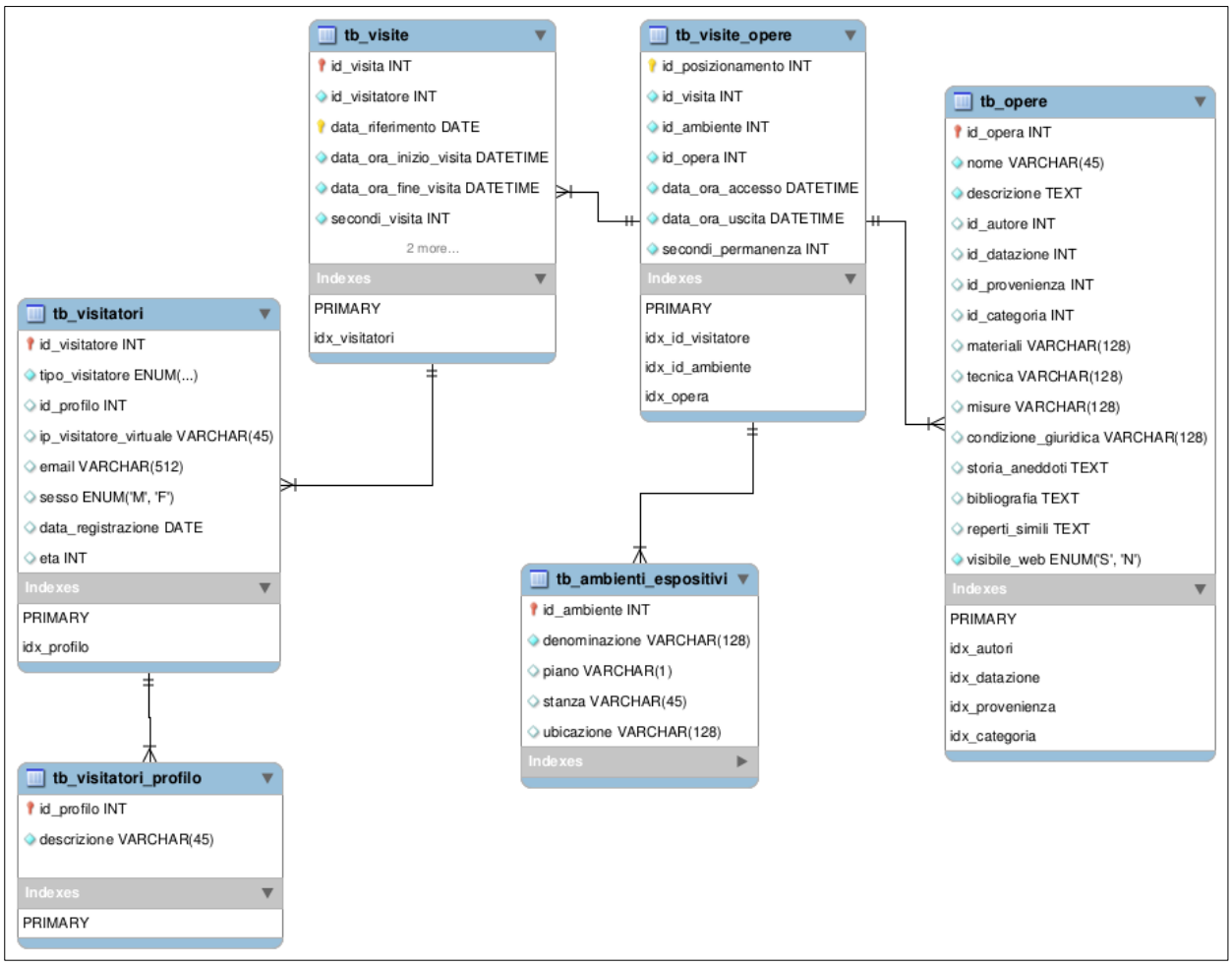


Figura 4: Schema Entità Relazioni delle opere visitate

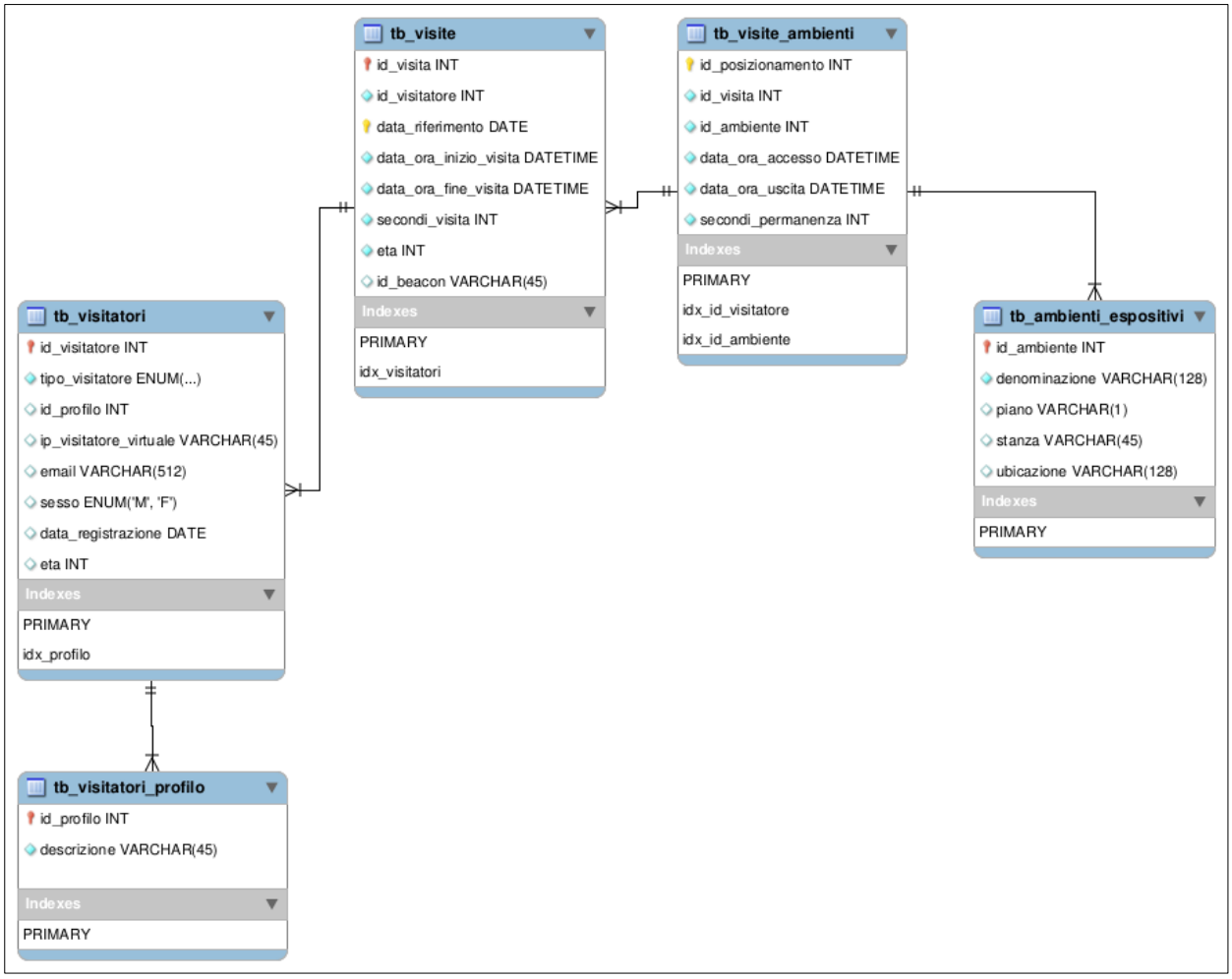


Figura 5: Schema Entità Relazioni degli ambienti espositivi visitati

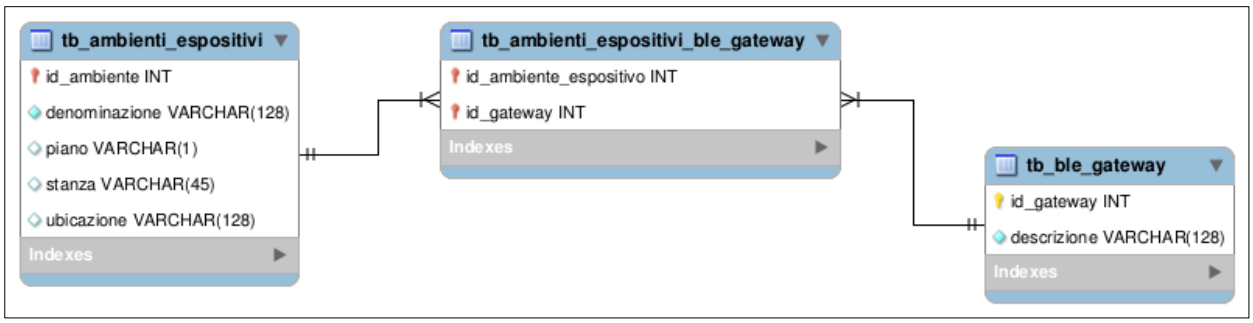


Figura 6: Schema Entità Relazioni delle esposizioni opere

5 Gestione del sito espositivo

5.1 Analisi delle esigenze e delle soluzioni

La premessa dell'idea considera le esigenze reali dei percorsi museali turistici, che vanno ben oltre l'esposizione estetica di opere d'arte in vetrine o alle pareti. Il vero problema è creare un livello di informazione che permetta al visitatore di comprendere il contesto e la storia delle opere, creando percorsi di fruizione logici. Le soluzioni tradizionali, come cartellini e poster alle pareti o guide stampate, spesso non sono sufficienti per fornire informazioni dettagliate e facilmente accessibili ai visitatori.

Le guide viventi, che accompagnano i visitatori spiegando le opere e il contesto, sono una soluzione efficace ma costosa. Le audio guide, sebbene utili per risolvere il problema linguistico, sono soggette a rotture e difficili da aggiornare o sanificare per un uso massiccio quotidiano. Inoltre, spesso sono disponibili in numero limitato a causa di budget ridotti dei musei.

Negli anni, ci sono stati tentativi di proporre soluzioni più moderne, come le Vetrine Smart con schermi touch screen e sistemi di interazione gestuale. Tuttavia, queste esperienze si sono rivelate fallimentari per vari motivi, tra cui i costi elevati di implementazione e manutenzione, il consumo energetico aggiuntivo e il rischio di danneggiamento delle vetrine. Inoltre, l'utilizzo di schermi touch può creare problemi di igiene e sporco, soprattutto in un contesto museale.

Le soluzioni touchless, che evitano il contatto fisico, si sono dimostrate poco pratiche, poiché richiedono gesti scomodi e possono causare lunghe attese. Queste soluzioni diventano poco utilizzabili quando c'è un solo display in una stanza, creando file e frustrazione tra i visitatori.

Per superare queste sfide, il sistema proposto si basa sull'implementazione di dispositivi Beacon BLE indossabili, come badge o braccialetti, che fungono da strumenti di localizzazione del visitatore. Questi dispositivi interagiscono con i Gateway BLE-WiFi posizionati nei diversi ambienti del museo per trasmettere informazioni sulla posizione del visitatore al Server di Portale.

In questo modo, i visitatori non sono vincolati a utilizzare smartphone o tablet per la localizzazione, evitando potenziali problemi di igiene e complicazioni legate all'uso di schermi touch. Inoltre, i Gateway BLE-WiFi, disposti a gruppi di tre per ambiente, consentono al Server di Portale di effettuare la triangolazione per determinare con precisione la posizione di ogni visitatore all'interno del museo.

Questo approccio offre una soluzione tecnologicamente avanzata, efficiente e igienica per fornire informazioni dettagliate e personalizzate ai visitatori durante la visita al museo, migliorando l'esperienza complessiva e rendendo le opere e il contesto più accessibili a tutti.

5.2 Il portale

Il portale server rappresenta un fondamentale contenitore di soluzioni digitali, che apre le porte alla Digital Transformation di uno spazio espositivo. Agisce come il collettore principale e il centro di controllo delle diverse soluzioni distribuite all'interno del contesto espositivo.

Attraverso il backoffice, sarà possibile parametrizzare e monitorare le soluzioni, tra cui un'importante implementazione riguardante la rete IoT di localizzazione indoor. Questa funzionalità consente una gestione efficiente delle risorse e un'esperienza utente ottimizzata.

Il frontoffice, invece, funge da autentica vetrina delle soluzioni, permettendo la realizzazione della trasformazione digitale sia per musei che per qualsiasi altro spazio espositivo. Una gamma di soluzioni è a disposizione, adattandosi al livello di digitalizzazione iniziale e agli obiettivi che si desidera raggiungere.

La suite di strumenti forniti dal progetto MSV offre una vera e propria "cassetta degli attrezzi", che include la creazione di spazi virtuali e virtual tour immersivi (utilizzando tecnologie di realtà aumentata AR e realtà virtuale VR). Inoltre, permette di sviluppare app personalizzate per arricchire le visite, sfruttando il potenziale dell'interattività per facilitare l'apprendimento e coinvolgere i visitatori.

L'approccio gamification è un elemento chiave per stimolare l'interazione e rendere il percorso espositivo coinvolgente ed entusiasmante. Con l'elaborazione strategica di dati acquisiti sia nello spazio espositivo che online (sfruttando tecnologie come l'internet of things IoT, data analysis e web analysis), si può ottenere una comprensione approfondita delle dinamiche dei visitatori, consentendo un miglioramento continuo dell'esperienza offerta.

Inoltre, le attività di social media marketing e content strategy permettono di promuovere e diffondere la fruizione delle soluzioni digitali, aumentando la visibilità e l'interesse del pubblico.

Tutte queste soluzioni digitali prendono forma e si sviluppano attorno a un concept fondamentale: esaltare le caratteristiche uniche dello spazio espositivo attraverso una narrazione organica, basata su una strategia di storytelling. Questa narrazione avvincente funge da collante, permettendo di coordinare l'insieme dei servizi proposti in modo sinergico e coinvolgente. Il risultato è una trasformazione digitale completa ed entusiasmante, che arricchisce l'esperienza dei visitatori e valorizza le peculiarità dello spazio espositivo.

5.2.1 Le tecnologie individuate per il portale server

Dal punto di vista dell'infrastruttura Hardware e Software per la realizzazione del portale ci si orienta su soluzioni open source leader di mercato e che siano affidabili e scalabili. In quest'ottica anche ospitare il portale su un'infrastruttura cloud rispetto a quella on-premise soddisfa sicuramente le ultime due aspettative, ma non solo:

- Flessibilità: Il cloud computing offre una maggiore flessibilità rispetto all'on-premise in termini di dimensionamento e di utilizzo delle risorse. Gli utenti possono facilmente scalare le risorse su e giù in base alle proprie esigenze, senza dover investire in hardware o software costosi.
- Costi inferiori: L'utilizzo del cloud computing può essere più economico dell'on-premise poiché i provider di servizi cloud offrono una tariffazione basata sull'uso effettivo delle risorse. Inoltre, il cloud computing elimina la necessità di acquistare, gestire e mantenere l'hardware e il software necessari per l'infrastruttura IT.
- Aggiornamenti automatici: Nel cloud computing, gli aggiornamenti del software vengono eseguiti automaticamente dai provider di servizi cloud, eliminando la necessità di aggiornamenti manuali o di gestione del software in loco.
- Disponibilità elevata: Il cloud computing offre un'alta disponibilità delle applicazioni e dei dati, grazie alla presenza di più copie dei dati e alle tecnologie di replicazione dei dati che riducono i rischi di perdita di dati o di interruzione del servizio.

- Sicurezza migliorata: Molti provider di servizi cloud offrono una sicurezza migliore rispetto all'on-premise grazie a controlli di sicurezza avanzati, monitoraggio costante, accesso limitato ai dati e capacità di gestione delle violazioni di sicurezza.
- Accessibilità remota: Il cloud computing consente l'accesso remoto ai dati e alle applicazioni, rendendo più facile il lavoro da casa o in mobilità.

Questi sono solo alcuni esempi dei vantaggi del cloud computing rispetto all'on-premise. Tuttavia, va tenuto presente che la scelta tra l'adozione di una soluzione cloud o on-premise può comunque dipendere dalle esigenze specifiche di ogni organizzazione o sito espositivo in questo caso.

Per la scelta degli strumenti di sviluppo ci si è orientati linguaggi di programmazione scalabili e basati su uno sviluppo orientato agli oggetti (Object Oriented Programming) come PHP. Scrivere un'applicazione con un linguaggio orientato agli oggetti significa suddividerla in piccole parti ciascuna con un compito specifico. Questo semplifica lo sviluppo, il testing e la manutenzione dell'applicazione. Inoltre, questo consente di riutilizzare il codice già scritto in diverse parti dell'applicazione, risparmiando tempo e migliorando l'efficienza.

Un'altra caratteristica importante dell'approccio orientato agli oggetti è l'incapsulamento, che protegge i dati aumentando la sicurezza dell'applicazione. Inoltre, l'ereditarietà permette di semplificare la creazione di codice specializzato e migliorando la manutenzione e la modifica dell'applicazione.

In sintesi, l'utilizzo di un linguaggio di programmazione orientato agli oggetti semplifica lo sviluppo, migliora l'efficienza e la manutenzione dell'applicazione e aumenta la flessibilità del codice.

La scelta degli ambienti di runtime va su Apache http mentre la parte di persistenza dei dati la scelta ricade su Oracle MySQL Server per le sue caratteristiche che lo rendono uno dei database open source di maggiore utilizzo, ma anche per una serie di caratteristiche come ad esempio:

- Affidabilità e sicurezza: I database come MySQL Server sono progettati per garantire l'affidabilità e la sicurezza dei dati. Ciò significa che i dati sono protetti da accessi non autorizzati e che sono garantiti livelli di disponibilità e durabilità elevati.
- Scalabilità: I database come MySQL Server sono progettati per gestire grandi quantità di dati e un gran numero di richieste di accesso contemporaneamente. Ciò significa che è possibile aumentare le prestazioni del database in base alle esigenze dell'applicazione.
- Velocità: MySQL Server è noto per le sue prestazioni elevate e la velocità di accesso ai dati. Ciò rende il database ideale per applicazioni in cui la velocità di accesso ai dati è critica.
- Funzionalità avanzate: MySQL Server offre una vasta gamma di funzionalità avanzate, come l'indicizzazione dei dati, l'ottimizzazione delle query, la gestione delle transazioni e la replicazione dei dati, che possono migliorare le prestazioni e la scalabilità del database.
- Comunità e supporto: MySQL Server è un database open source con una vasta comunità di utenti e sviluppatori attivi. Ciò significa che è possibile trovare molte risorse, documentazione e supporto online per risolvere problemi e migliorare le prestazioni del database.

5.2.2 L'organizzazione del portale

Il portale è sarà quindi organizzato in un frontoffice ed un backoffice.

Il frontoffice sarà fruibile dai visitatori che potranno visionare le tecnologie che il progetto mette a disposizione per la digitalizzazione dello spazio espositivo.

Il backoffice sarà accessibile dagli amministratori del portale e, tramite accesso riservato con utenza e password, dagli addetti degli spazi espositivi che potranno effettuare le attività di configurazione e gestione dei propri parametri operativi.

5.2.3 Il frontoffice del portale

Il frontoffice del portale permetterà a chiunque acceda al sito museale di navigare liberamente senza necessità di effettuare alcun accesso in modo da permettere una semplice ed immediata esperienza utente.

Il visitatore potrà quindi completare la sua esperienza di navigazione grazie alla possibilità di effettuare una registrazione durante la quale potrà indicare se desidera essere aggiunto alla newsletter del sito museale e la ragione del suo interesse verso il museo (es. Appassionato d'arte, Studente, Accademico, etc.)

Il frontoffice sarà costituito da una serie di pagine vetrina/informative relative al sito museale e da un sistema di navigazione che porterà il visitatore alle pagine di contenuto di ogni opera in esso contenute.

Descrizione dell'interfaccia UI/UX

Le pagine vetrina/informative saranno così organizzate:

- **Home**
  Pagina di accesso al sito organizzata prevalentemente con messaggi di benvenuto e link alle varie sezioni del sito. Conterrà video esplicativi e sottosezioni da cui poter facilmente accedere alle funzionalità del portale, oltre al link per l'area privata.
- **La mission**
  In questa sezione si ha l possiblità di spiegare le sue proposte ed I suoi obiettivi a lungo termine, o comunque le linee guida che ne ispirano le attività ed I contenuti espositivi.
- **La storia**
  Questa sezione permetterà al sito museale di raccontare la sua storia così come di mostrare la struttura con contributi fotografici.
- **Smart View – Soluzioni Digitali**

  In queste pagine si illustrerà ai visitatori I vantaggi di cui questi potranno godere, in termini di esperienza di visita sia fisica che virtuale, grazie alle tecnologie come la Realtà Aumentata e la Localizzazione.
  Potrà ancora descrivere I sistemi di monitoraggio che contribuiscono alla cura ed alla salvaguardia delle opere e dei visitatori.
  Saranno inoltre illustrate le app di supporto alla visita e come ottenerle.

  Questa sezione è il vero cuore del portale, e dovrà spiegare nei minimi dettagli come funzionano le varie tecnologie a supporto, in modo che il visitatore possa essere ampiamente informato circa le varie caratteristiche dei servizi.

Di grande e fondamentale importanza è poi una sezione dedicata al percorso da seguire per diventare un museum "smart", cioè le modalità di contatto e di consulenza per arrivare ad implementare le tecnologie nel museo che ne fa richiesta.

- **Notizie ed eventi**
  Sezione per la pubblicazione di Notizie ed eventi relativi al sito museale.
- **Gli Spazi Espositivi**
  La sperimentazione del progetto Museum Smart View verrà stata condotta in diversi musei e Spazi Espositivi, che in questa sezione verranno presentati al pubblico.

  Per ognuno di loro sarà presenta una breve scheda con foto e storia.
- **Contatti**
  Sezione tipo con tutti i riferimenti di contatto come mail elettronica, pagine social, telefoni, etc.
- **Area Riservata**
  Sezione dalla quale lo spes autorizzato potrà accedere

5.2.4 Il backoffice del portale

Il backoffice permetterà l'accesso ad una figura di amministratore per la gestione del portale stesso e agli operatori dei siti per la configurazione delle tabelle di codifica degli ambienti espositivi nell'ambito del sito museale così come le codifiche delle tabelle relative ai Gateway ed ai Beacon BLE.

Ruolo Amministratore: elenco delle tabelle / funzionalità a cui si è autorizzato:

- Tabella **Utenti**
  Lista degli utenti di manutenzione che possono accedere al backoffice;
- Tutte le altre tabelle / funzionalità previste dal ruolo Operatore.

Ruolo Operatore: elenco delle tabelle / funzionalità a cui si è autorizzati:

- Tabella **Opere**
  Contiene la lista delle opere che saranno visionabili dai visitatori;
  In particolare le opere potranno essere correlate con la tabella degli Ambienti_Espositivi per selezionare l'ambiente nel quale l'opera si trova esposta.
- Tabelle **Autori**, **Categorie**, **Datazioni, Provenienze**
  Queste sono tabelle sono correlate alla tabella delle opere;
- Tabella **Ambienti_Espositivi**
  In questa tabella sono censiti tutti gli spazi adibiti all'esposizione delle opere nell'ambito del sito museale;
- Tabella **Esposizioni**
  La tabella contiene le associazioni tra opere ed ambienti espositivi così da gestire l'evento in cui un'opera sia spostata tra diversi ambienti espositivi;

- Tabella **Visitatori**
  La tabella contiene la lista degli utenti che visitano il sito museale;
- Tabella **Visitatori_Profilo**
  La tabella contiene i possibili profili dei visitatori a cui questi dichiarano di appartenere. Es: Appassionato d'arte, Studente, Accademico, etc.
- Tabella **Ble_Gateway**
  La tabella contiene l'anagrafica di tutti i Gateway BLE.
- Tabella **Ble_Beacon**
  La tabella contiene l'anagrafica di tutti i Beacon che vengono forniti ai visitatori (come badge o braccialetti) al fine di monitorare la localizzazione durante la vista.
- Tabella **Ambienti_Espositivi_Ble_Gateway**
  La tabella contiene tutte le associazioni tra gli ambienti espositivi ed i gateway ble. Tramite queste associazioni sarà possibile, rilevando il beacon assegnato all'utente, stabilire il percorso che questo sta effettuando.
- Archivio **Visite**
  Contiene la lista delle visite effettuate da tutti I visitatori che visitano il museo. La visita potrà essere stata in presenza o virtuale.
  L'archivio è alimentato automaticamente.
- Archivio **Visite_Ambienti**
  Contiene la lista degli ambienti espositivi in cui il visitatore si sofferma;
  L'archivio è alimentato automaticamente.
- Archivio **Visite_Opere**
  Contiene la lista delle opere presso le quali il visitatore si sofferma;
  L'archivio è alimentato automaticamente.

6 Conclusioni

Visto il completamento della parte di ricerca e di individuazione delle tecnologie, e più in generale delle soluzioni hardware e software, si passerà alla definizione del progetto esecutivo relativo alla rete IoT ed alla stesura delle specifiche funzionali del portale server per la raccolta dei dati di navigazione provenienti dal sito espositivo.

fine del documento