

Domotic Room Smart City Process Report Template

Nicola Casadei, Marco Benedetti, and Enrico Benini

Alma Mater Studiorum – University of Bologna
via Venezia 52, 47023 Cesena, Italy
`{nicola.casadei4, marco.benedetti7, enrico.benini5}@studio.unibo.it`

Table of Contents

Domotic Room Smart City Process Report Template	1
<i>Nicola Casadei, Marco Benedetti, and Enrico Benini</i>	
1 Introduzione	4
2 Visione	4
3 Obbiettivi	4
4 Requisiti	5
4.1 Requisiti Non Funzionali	5
5 Acquisto Hardware	5
5.1 Dispositivi di Computazione	5
5.2 Sensori	6
5.3 Hardware Aggiuntivo	6
6 Analisi dei Requisiti	7
6.1 Casi D'Uso	7
6.2 Scenario	8
6.2.1 Inserimento Range	8
6.2.2 Visualizzazione Stato Realtime	8
6.2.3 Visualizzazione Dati	8
6.3 Modello del Dominio	9
6.3.1 Sistema Embedded	10
6.3.2 Server	13
6.3.3 Web Site	19
6.4 Piani di Test	19
6.4.1 Sistema Embedded	19

6.4.2 Server	19
6.4.3 Web Site	19
7 Analisi del Problema	20
7.1 Architettura Logica	20
7.2 Gap di Astrazione	20
7.3 Analisi dei Rischi	21
8 Work Plan	22
8.1 Strumenti e Framework	23
9 Project	24
9.1 Structure	24
9.2 Interaction	24
9.3 Behavior	24
10 Implementation	24
11 Testing	24
12 Deployment	24
13 Maintenance	24

1 Introduzione

Questo è il template di progetto del corso di smart city dell'università di Bologna. Di seguito saranno consultabile tutto il processo di analisi del progetto: modelli, problemi riscontrati e soluzioni adottate, interazione con l'ambiente, sensori utilizzati e il loro collegamento ...

Per qualsiasi dubbio in merito fare riferimento agli autori.

2 Visione

La visione che guida questo progetto è quella di raggiungere rapidamente l'ideale di città intelligente, quindi con un ambiente aumentato, capace di prendere decisioni e agire tempestivamente per far fronte a casi specifici e capace di comunicare direttamente con chi si trova immerso in esso, per facilitarne la vita di tutti i giorni.

In particolare vogliamo prepararci, imparare a modellare e costruire sistemi che si integreranno in questo contesto, visto l'andamento stesso del mercato che sta sempre più rendendo disponibili risorse di elaborazione e sensoristica a minor prezzo.

3 Obbiettivi

Lo scopo del progetto è quello di implementare concretamente un'applicazione di domotica. Affrontando quindi tutte le problematiche ad essa annesse e fornire una possibile soluzione a queste. Ci auguriamo che questa possa essere di spunto per applicazioni simili e che possa quindi favorirne lo sviluppo.

Sfruttando questo progetto, vogliamo esplorare e apprendere la teoria e i concetti affrontati nel corso di smart city. Quindi tutti gli aspetti riguardanti la gestione di sensori e input provenienti dall'ambiente esterno. Uscendo dalla, tipica, zona di confort classica dei sistemi software.

4 Requisiti

Si vuole monitorare lo stato ambientale di una stanza. In particolare si vogliono monitorare lo stato di: luce, temperatura e movimento, mantenendo la possibilità di aggiungere altre tipologie di sensori.

Il sistema dovrà dare all'utente la possibilità di inserire attraverso un'interfaccia web, per ogni valore misurato, un'apposito range che indichi i valori ammessi all'interno della stanza in modo che, se uno dei valori misurati non è conforme alle specifiche, venga indicata una notifica di allarme sull'interfaccia stessa. Questo con l'idea di simulare la possibilità di eseguire delle azioni collegate all'allarme (ad esempio, accensione delle luci o del riscaldamento)

L'utente potrà inoltre visualizzare all'interno del sito i valori misurati in tempo reale e il valore dei vari sensori nel tempo, potendone quindi consultare la storia.

4.1 Requisiti Non Funzionali

Aggiungiamo nei requisiti non funzionali tutte le proprietà che il sistema deve avere e che non sono state ufficialmente formalizzati.

- Logging: Possibilità di controllare il fluire delle informazioni e delle operazioni svolte attraverso una qualsivoglia forma di logging
- Separazione dei compiti e indipendenza tra le parti: garantire i principi SOLID dove è possibile ed evitare che un qualsiasi componente sia strettamente legato ad un'altro.

5 Acquisto Hardware

Sfortunatamente il primo problema che si è incontrato in un progetto come il seguente è stato la necessità di acquistare la parte hardware del sistema che si andrà a costruire. Di conseguenza si è messo in atto un processo di ricerca dei sensori, cavi e quant'altro per riuscire a soddisfare i requisiti

5.1 Dispositivi di Computazione

Prima di tutto necessitiamo di un dispositivo in grado di computare i dati emessi dai vari sensori e che sia interamente programmabile. Nel corso abbiamo visto due possibilità che hanno avuto molto successo recentemente:

- Arduino
- Raspberry Pi

Noi abbiamo scelto la seconda opzione perche' abbiamo piu' familiarita' con il dispositivo e perche' risulta piu' facile il riutilizzo dello stesso una volta terminato questo progetto.

Costo del dispositivo: 44,50 €

5.2 Sensori

Un'altra cosa fondamentale riguarda i sensori necessari per catturare i parametri richiesti. Abbiamo Quindi scelto i seguenti sensori

Parametri Ambientali	Sensori	Costo
Temperatura		
Luce		
Movimento		

Table 1. Sensor Table

5.3 Hardware Aggiuntivo

Hardware	Costo
Breadboard	
Wires	
Resistors	

Table 2. Addictional Hardware

6 Analisi dei Requisiti

6.1 Casi D'Uso



Fig. 1. Casi d'Uso

Nell'immagine sopra si possono vedere quali sono le macro operazioni principali effettuate dal sistema e le interazioni con l'esterno. In particolare gli attori che interagiscono con il sistema saranno:

- La stanza: con questo attore si intendono i vari parametri che si possono rilevare attraverso i sensori e che quindi saranno di input per il sistema.
- Utente: con questo attore rappresenta l'utente che può interagire con il sistema.

Il sistema è stato volutamente suddiviso in tre parti distinte con l'idea di seguire un modello MVC dove però la parte di modello non viene aggiornato solamente attraverso l'input inserito dall'utente, ma anche e soprattutto dall'input dei sensori. L'organizzazione hardware ha fortemente influito su questa suddivisione.

È inoltre possibile visualizzare le macro operazioni che devono essere effettuate e modellate dal sistema. Si vedano gli scenari di seguito per avere

una piú dettagliata visualizzazione dell'interazione tra le varie parti che lo schema sovrastante vuole rappresentare.

6.2 Scenario

In questa sezione verranno illustrati le principali modalità di utilizzo del sistema. Gli scenari elencati di seguito riguardano l'utente e di conseguenza si prevede l'accesso da parte di questo all'interfaccia di input.

Si prevede che il sistema sia opportunamente configurato e settato a livello hardware, senza errori durante la fase di start up.

6.2.1 Inserimento Range

1. Attraverso un apposito menú l'utente é in grado di accedere alla funzionalità di settaggio dei range associati ai parametri ambientali.
2. Il server sa già i sensori che sono collegati al raspberry appena questi inviano qualche dato e quindi l'utente é in grado di visualizzare i controlli relativi ad ogni tipologia di sensore attualmente connesso. Conseguentemente l'utente é in grado di modificare tali intervalli.
3. Al termine della modifica degli intervalli l'utente dovrà confermare le modifiche attraverso un'apposito pulsante.
4. Il sistema mostra un messaggio di conferma o di errore.

6.2.2 Visualizzazione Stato Realtime

All'accesso del sistema l'utente visualizza lo stato realtime dei valori dei sensori ed eventuali notifiche:

- Se i valori vanno oltre gli intervalli correnti.
- Sullo stato dei sensori, se sono attivi al momento oppure no.

In questa modalità l'utente non può effettuare alcuna operazione.

6.2.3 Visualizzazione Dati

Attraverso un apposito menú l'utente é in grado di accedere alla visualizzazione dei dati storici dei vari sensori.

6.3 Modello del Dominio

In questa sezione vogliamo cercare di modellare le entità inserite all'interno dei requisiti senza fare riferimento alla parte tecnologica e alla parte hardware. In questo modo siamo in grado di decidere noi le interfacce con cui vogliamo lavorare e costruire la parte software aumentando il disaccoppiamento con la parte fisica e quindi aumentando anche la possibilità di utilizzare volendo lo stesso software su diverse configurazioni. In questo progetto ad ogni modo si utilizzerà solamente la configurazione che trovate descritta in questo report.

Suddivisione del Sistema: visto che è emerso già dai casi d'uso la separazione del sistema in varie parti, ci è sembrato giusto iniziare a modellare dividendolo fin da subito in modo da:

- semplificare il processo
- suddividere il lavoro di implementazione successivamente tra i membri del gruppo.

In particolare le parti individuate sono tre:

- Sistema Embedded: che nel nostro caso si occuperà di catturare, convertire e inviare i dati alle altre parti
- Server: Sarà la parte che riceve i dati e si occupa di effettuare le varie elaborazioni come ad esempio, il salvataggio dei dati, il calcolo delle statistiche e il controllo dei range. Infine questa parte dovrà rendere disponibili i risultati alla parte successiva.
- Web site: parte che, prende i risultati dalle parti precedenti e li mostra all'utente rispettando i casi d'uso precedenti.

Chiaramente in questa fase tutto viene semplificato e ridotto a poche entità. Questo però non significa che, ogni entità presente negli schemi sottostanti, non si riveli essere poi a sua volta un sottosistema più complesso.

Lo scopo di questa fase è appunto quella di riflettere, in un primo modello, i requisiti. Poi da questo modello iniziare a sviluppare il progetto cercando di mantenere coerenza nelle interfacce principali che indicano le interazioni più importanti.

6.3.1 Sistema Embedded

Per quanto riguarda il sistema embedded è necessario prima effettuare delle indagini su come interagire e comunicare con i sensori in modo da modellare adeguatamente il tutto e quindi assicurarsi che in seguito sarà semplice riuscire a integrare il tutto con la tecnologia che avremo intenzione di utilizzare. Quindi questa è una piccola eccezione che è necessario fare a questo livello, anche se in particolare si fa riferimento a un paradigma più che ad una tecnologia specifica.

Il modello di interrogazione dei sensori è a polling di conseguenza il nostro modello dovrà riflettere questa modalità di interazione. Sfortunatamente questo implica che a livello di modello già **un'entità attiva** che si occupa di reperire i valori visto, che in una modalità a polling devo esplicitamente chiedere ai sensori i valori.

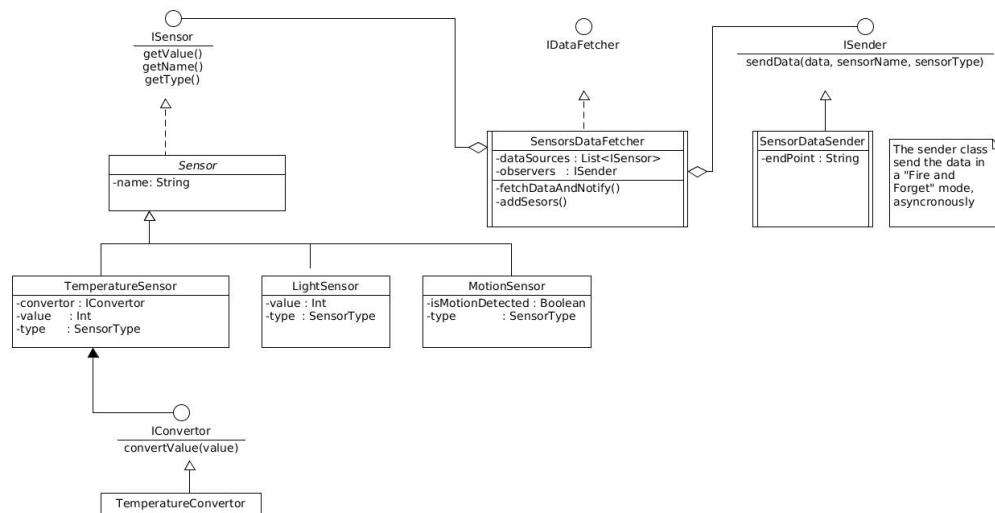


Fig. 2. Sistema Embedded, Struttura

Struttura Dalla struttura si possono subito individuare le entità principali che sono presenti nei requisiti, in particolare la presenza di una specifica gerarchia per i sensori che condividono la stessa interfaccia che consente

agilmente di ottenere il valore corrente del sensore. Sono stati inseriti solamente i sensori citati nei requisiti, ma si può facilmente intuire come qualsiasi tipo di sensore sia facilmente modellabile secondo questa struttura.

Si noti inoltre come viene anche inserita l'entità IConvertor che si occuperà di convertire il valore di uno specifico sensore in un'unità più consona per la sua gestione. Chiaramente questo viene affrontato fin da questo livello perché si immagina l'operazione di conversione come un'operazione quasi istantanea e necessaria.

Infine sono presenti le entità che si occupano, attivamente, di interrogare i sensori ogni intervallo di tempo predefinito e quindi inviarli altrove. In questo caso è stato tutto ridotto ad un singolo endpoint, anche se poi possono essere facilmente più di uno. Come si può visionare nel commento, l'invio dei dati avviene con una metodologia di tipo *fire and forget*, quindi non avvengono reinvii dei dati e vengono ignorati eventuali errori. Chiaramente tutto questo è dovuto all'idea che i cicli di invio siano abbastanza brevi da potersi permettere eventuali perdite.

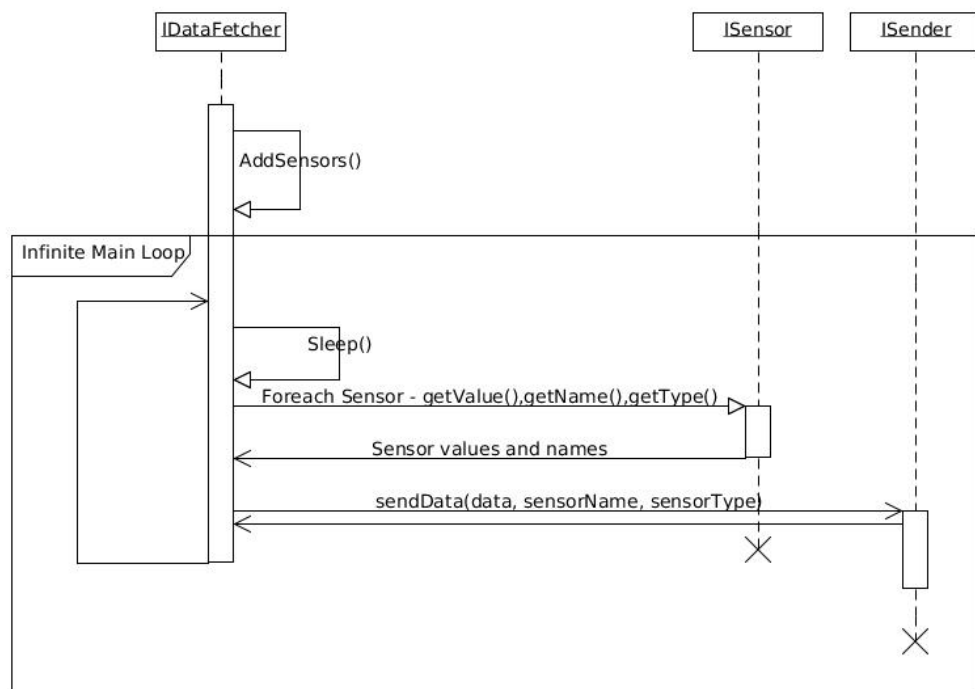


Fig. 3. Sistema Embedded, Interazione

Interazione Prima di iniziare si vuole evidenziare come viene riportato solamente un diagramma di interazione perché é presente solamente un'entità attiva, ma nel futuro potrebbero esserci più task e quindi saranno necessari più diagrammi dell'interazione.

Nello schema di interazione vengono evidenziate le varie fasi del Sistema, in particolare la fase iniziale di setup dove, conoscendo quali sensori sono presenti, questi vengono aggiunti nella memoria dell'entità principale in modo che poi in seguito siano facilmente interrogabili.

Terminata la fase di *Init* inizia il loop infinito che appunto aspetta inizialmente un piccolo lasso di tempo e poi va a interrogare iterativamente tutti i sensori che sono stati aggiunti precedentemente, raccoglie i dati e interroga asincronamente l'entità di invio, per poi ricominciare il ciclo stesso.

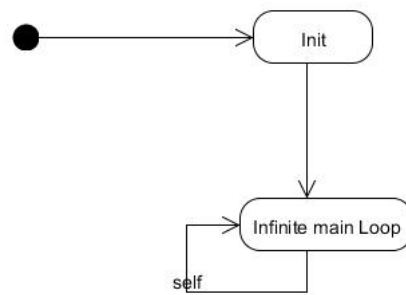


Fig. 4. Sistema Embedded, Comportamento

Comportamento Nel diagramma del comportamento semplicemente viene riportato quanto é stato precedentemente discusso semplicemente attraverso una state machine.

6.3.2 Server

La parte server é quella piú importante di tutto il sistema in quanto é quella che concentra tutta la logica applicativa del sistema stesso.

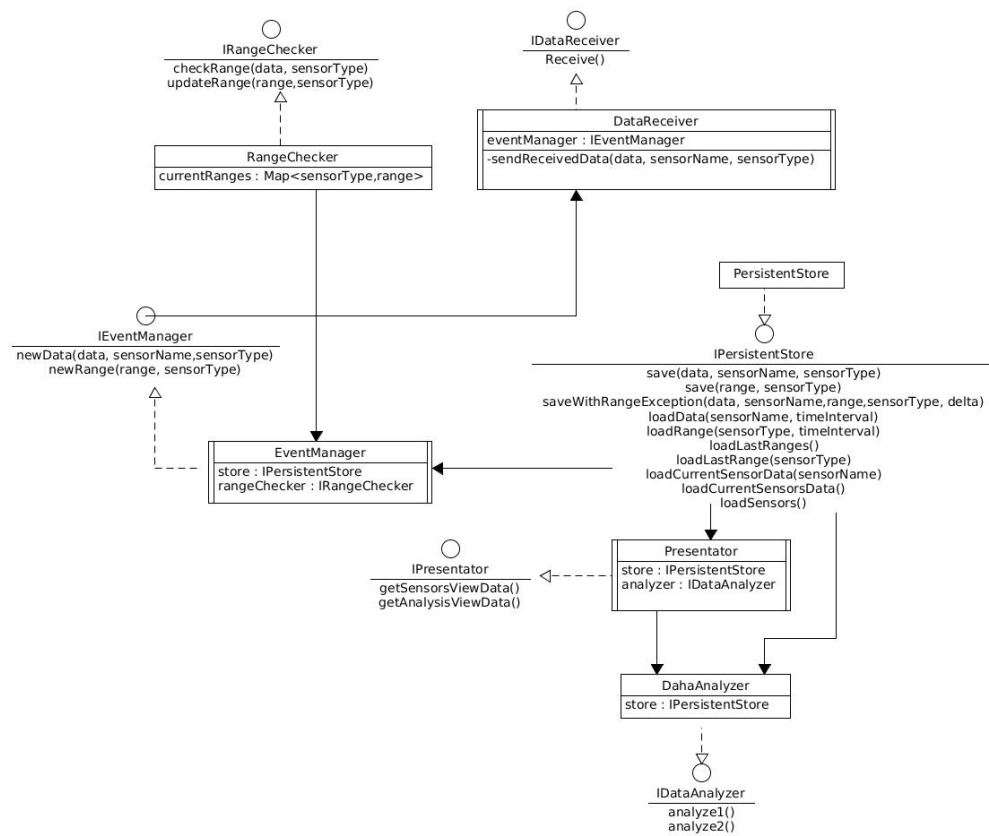


Fig. 5. Server, Struttura

Struttura Le entità principali di questo schema sono:

- IPersistentStore, che si occuperà di salvare opportunamente i dati provenienti dai sensori e dall'utente
- IDataReceiver, che sarà sempre in ascolto di ogni messaggio proveniente dal sistema embedded e quindi notificherà opportunamente il sistema ad ogni nuovo arrivo
- IPresentator che si occuperà di ottenere i dati necessari per le viste da mostrare all'utente quanto una nuova richiesta viene inoltrata.

Chiaramente ogniuna di queste entità é in parte citata nei casi d'uso.

Si veda i diagrammi dell'interazione per i dettagli di come avviene la comunicazione di tutte queste entità al fronte di garantire il funzionamento e il soddisfacimento dei requisiti.

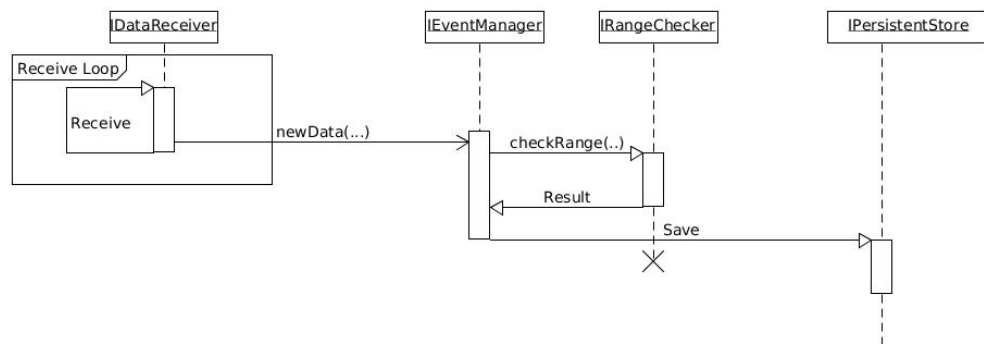


Fig. 6. Server, Interazione, Dati dai Sensori

Interazione Abbiamo deciso di omettere la parte di inizializzazione del sistema in questa fase anche perché sarà meglio defita nell'analisi del problema dovendo aggiungere entità che non sono direttamente correlate con i requisiti principali ma con requisiti non funzionali.

Nello schema sovrastante si può osservare l'interazione nel caso i sensori emettano un nuovo valore. Si vuole porre particolare enfasi su come l'entità che riceve i dati rimane sempre in ascolto di nuovi arrivi delegando, tramite

una chiamata asincrona alle altre entità il compito di salvare i dati appena arrivati.

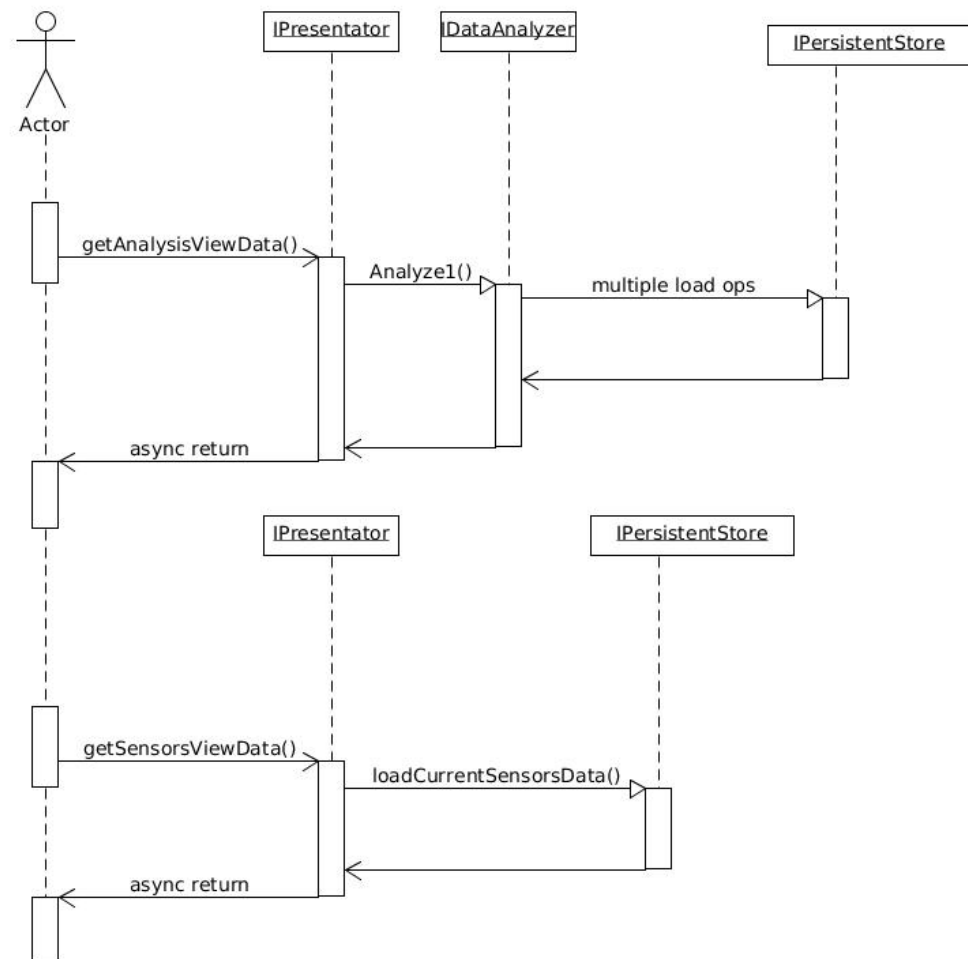


Fig. 7. Server, Interazione, Richiesta Visualizzazione Dati

In quest'altro schema dell'interazione si può osservare che entità vengono coinvolte a fronte di una chiamata di visualizzazione dati da parte dell'utente. Anche in questo caso la chiamata iniziale è stata effettuata in

maniera asincrona in modo da lasciare libero il sistema di rispondere ad eventuali altre richieste e gestirle concorrentemente.

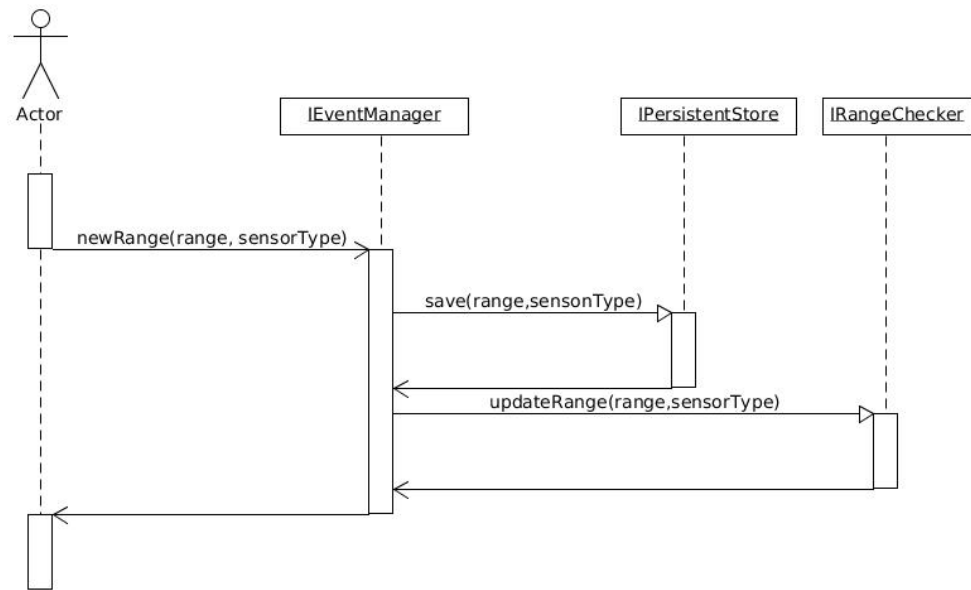


Fig. 8. Server, Interazione, Nuovo Range

In questo caso invece viene illustrata l'interazione per quanto riguarda la richiesta da parte dell'utente dell'inserimento di un nuovo range. Si vede come la chiamata questa volta arriva all'entità che gestisce gli eventi essendo questo effettivamente un caso in cui avviene un cambiamento nei dati e quindi tutto va gestito appropriatamente per evitare i conflitti.

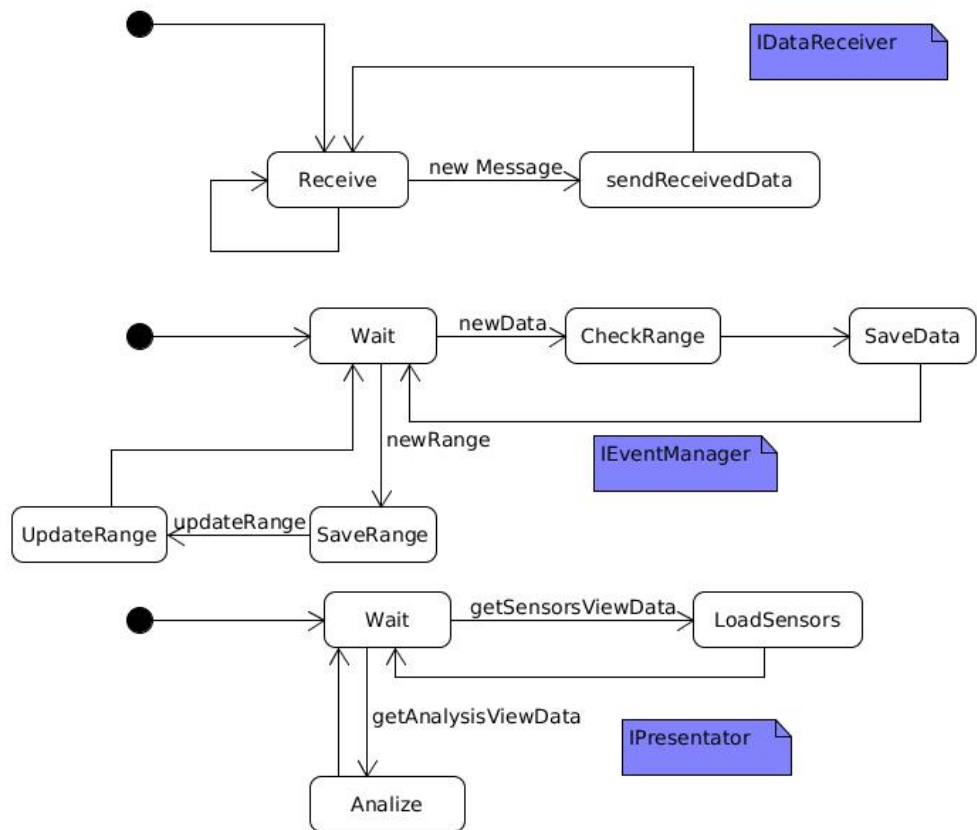


Fig. 9. Server, Comportamento

Comportamento In questa fase si mostrano le entità che sono effettivamente attive e che quindi operano cambiamenti sul sistema. Si é deciso di omettere tutte le entità che vengono solamente chiamate ed effettuano una unica operazione al fine di evitare di formalizzare troppe cose a questo livello.

Si vuole far notare inoltre come tutte queste entità abbiano effettivamente uno stato di attesa di un qualche messaggio o evento. Questo aspetto può essere molto importante in seguito nelle scelte per la progettazione.

6.3.3 Web Site

Dopo un'attenta analisi abbiamo ritenuto superflua la necessità di modellare e analizzare la parte di visualizzazione in quanto non é effettivamente presente nessuna business logic ma solamente la parte che effettua le richieste di dati alle parti precedenti e visualizza tutto su schermo.

La documentazione relativa a questa parte si limiterá solamente a come utilizzare poi il software attraverso l'interfaccia.

Possiamo però pensare di definire i link a cui l'interfaccia dovrà rispondere appropriatamente attraverso una pagina web. Questo ci consente di impostare comunque dei test che esulano dal contenuto della pagina, ma ci garantiscono che questa sia effettivamente online in maniera automatica.

gli URL scelti sono:

- *http://...../DomoticRoom/Status*
- *http://...../DomoticRoom/NewRange*
- *http://...../DomoticRoom/Analysis*

6.4 Piani di Test

In questa fase saranno presenti i piani di test che vengono costruiti sulla base dei modelli precedenti, ancora privi di implementazione. Ciò é possibile perché a questo punto abbiamo già individuato le interfacce delle entità principali e le loro operazioni pubbliche.

Chiaramente a questo punto la maggior parte dei test non possono funzionare perché manca l'implementazione. Anche in questa fase si divide il tutto sulle 3 parti precedenti.

6.4.1 Sistema Embedded

6.4.2 Server

6.4.3 Web Site

7 Analisi del Problema

Assunzioni Prima di iniziare l'analisi del problema abbiamo ritenuto necessario effettuare delle assunzioni riguardanti al paradigma che ci consentirebbe di effettuare un prodotto di qualità migliore e con meno sforzi.

Il paradigma di programmazione di riferimento è il *reactive programming* perché la concezione di flusso di dati è proprio quello che ci interessa modellare in quanto anche nel nostro sistema sarà presente un flusso di dati dal client al server. Per la comunicazione attraverso la rete questo ci consente di sfruttare chiamate asincrone aumentando il disaccoppiamento tra client e server.

Per questo abbiamo deciso di utilizzare per i dati un database NoSQL per via dell'estremo dinamismo, in quanto ci consente di aggiungere dei campi anche in seguito e miglioramento di performance nell'accesso a dati che normalmente richiederebbero dei join.

Per ulteriori informazioni più dettagliate sul paradigma si rimanda ad un'altra sede.

7.1 Architettura Logica

Per la costruzione dell'architettura logica ci si baserà ovviamente sulla precedente analisi dei requisiti in modo da mantenere il contatto con questi e non rischiare di uscire fuori specifica. Anche in questo caso si andrà separare l'analisi in due parti:

- Embedded System
- Server e Website

La parte del website è stata incorporata direttamente nella parte server proprio per la sua assenza di business logic.

Modellazione Reactive Prima di iniziare a costruire la modellazione sulla base del paradigma appena citato è necessario capire come fare a modellare lo stream stesso all'interno della nostra architettura logica, conseguentemente si è deciso di utilizzare i *marable diagrams*. Questi sono una rappresentazione di come il flusso di dati nel tempo avviene e quali tipologie di trasformazioni consentono di effettuare.

Con questi schemi ci viene concesso ancora una volta di concentrarci prima sul "cosa" e non sul "come" che invece viene delegata alla parte progettuale, dove si cercherà effettivamente di implementare il risultato finale dell'analisi

7.2 Gap di Astrazione

In questa sezione aggiungeremo tutti i tipi di astrazioni che sono richieste per affrontare il progetto e che non sono direttamente fruibili attraverso la tecnologia di riferimento.

1. Web Server: Vista la necessità di comunicare attraverso la rete è necessario che si utilizzi un paradigma a message-passing o attraverso chiamate asincrone, soprattutto per la comunicazione che avviene tra il raspberry e il server.
2. Continuous Integration, Testing and collaborative source control: Lavorando in gruppo sullo stesso repository è necessario impostare il lavoro affinché sia possibile effettuare le modifiche in maniera indipendente gli uni dagli altri e allo stesso modo sia possibile controllare automaticamente che i test predisposti e le modifiche effettuate siano coerenti con le specifiche e che il building del progetto sia in ogni caso garantito.
3. Paradigmi Eterogenei: si è deciso di utilizzare dei paradigmi diversi dal OOP classico e questo può portare a problematiche di utilizzo, per via dell'inesperienza e comunque non vengono fornite direttamente dal linguaggio e quindi vanno trovate soluzioni al problema.

7.3 Analisi dei Rischi

In questa sezione vanno elencati invece i rischi che si possono intraprendere in un progetto di questo tipo e quindi formalizzarli fin da subito, prima di eseguire l'effettiva realizzazione dello stesso in modo da poterli affrontare e discutere preventivamente per essere pronti se questi si verificano.

- Aumento dei Costi: è necessario porre particolare attenzione alla struttura hardware del sistema e di come i singoli componenti vanno ad interconnettersi assieme per evitare che si debbano affrontare dei costi aggiuntivi, una volta che il progetto è già avviato, causati da una qualche mancanza o per via di un'estensione del progetto in corso d'opera.

- Quantitativo della memoria: l'adozione di un database NoSQL porta con se un certo livello di ridondanza e quindi questo può portare ad un aumento di utilizzo della memoria e di spazio. Il tutto va valutato accuratamente durante il progetto, magari attraverso una serie di prove in base a come è strutturato il dato inizialmente. Se il rischio quindi è reale e quanto è critico.
- Integrazione tra le tecnologie: un possibile rischio riguarda la difficoltà nell'integrare tutte le tecnologie che devono essere sfruttate nel progetto per riuscire a colmare l'abstraction gap e quindi riuscire a completare il progetto attraverso l'analisi appena completata.

8 Work Plan

Il piano di lavoro che abbiamo intenzione di attuare si divide in varie fasi:

1. Controllo del Funzionamento Hardware: la prima cosa che è necessario fare è quella di controllare che tutta la sensoristica sia effettivamente compatibile e che la parte sistemistica sia assemblabile e funzionante.
2. Ricerca e Analisi Problematiche Viste le problematiche sollevate precedentemente nell'abstraction gap è necessario soffermarsi prima di partire con il progetto per andare ad individuare i tools che possono coprire queste mancanze e quindi avere un'impatto significativo sulla realizzazione del progetto stesso. Queste possono cambiare drasticamente anche la realizzazione del progetto stesso che però deve rimanere fedele all'analisi del problema.
3. Modello del Progetto: costruzione del modello del progetto alla luce delle considerazioni precedenti
4. Impostazione dell'Environment: setup di tutti i tools precedenti e controllo del loro corretto funzionamento
5. Suddivisione dei Compiti: quando tutto è formalizzato adeguatamente si possono suddividere i vari compiti e quindi parallelizzare il lavoro
6. Cicli di Feedback: è molto utile ai fini della realizzazione del progetto, organizzare dei meeting periodici al fine di effettuare un check sullo stato dei lavori e quindi controllare eventuali incongruenze, discutere i problemi, rivedere i modelli precedenti e altro
7. Integrazione: Integrare tutti i progetti assieme per costruire tutto il sistema assicurandosi che sia corretta l'interazione tra le parti

8. Testing: La parte di testing deve essere sviluppata assieme al codice stesso se possibile sulla base del modello in modo da arrivare alle fasi finali da poter automaticamente capire cosa funziona e cosa no.
9. Deploy: Per la parte di deploy non si porr  particolare attenzione in questa prima versione perch  non   effettivamente richiesta una particolare complessit  nel deploy su pi  macchine. Comunque si tratta di un'aspetto che pu  essere affrontato anche a progetto finito e vedere di apportare le modifiche richieste per realizzare un deploy pi  articolato.

8.1 Strumenti e Framework

In questa sottosezione vengono illustrati i tools utilizzati durante questo progetto e che servono per cercare di colmare l'abstraction gap e per il supporto alla gestione del progetto stesso.

- Umlet: Questo tool   stato utilizzato per creare gli schemi UML che realizzano i modelli di tutto il progetto.
- Play Framework and Akka: framework creato da Typesafe che consente di gestire un web server con REST API e di gestire autonomamente le chiamate in maniera asincrona. Akka   tutta l'infrastruttura sottostante che consente di gestire tutto questo. Per ulteriori informazioni basta cercare nel web.
- Activator Template: tool associato al framework precedente che consente di gestire le proprie applicazioni secondo degli standard affermati e delle configurazioni di default in modo da velocizzare lo startup di tutto il progetto.
- Scala Build Tool: anche se   stato pensato per progetti in scala questo strumento funziona correttamente anche per java e consente di gestire tutte le dipendenze, eventuali librerie aggiuntive e configurazioni, molti dei progetti precedenti vengono inseriti all'interno del sistema attraverso questo.
- Bootstrap: ...
- New Relic: ...
- Quickcheck: ...
- rxJava: ...

9 Project

9.1 Structure

9.2 Interaction

9.3 Behavior

10 Implementation

11 Testing

12 Deployment

13 Maintenance

References