

ALMA MATER STUDIORUM · UNIVERSITÀ DI
BOLOGNA

SCUOLA DI SCIENZE
Corso di Laurea Triennale in Informatica

Un Framework di analisi
e di servizi innovativi
per la mobilità veicolare elettrica

Tesi di Laurea in Laboratorio di Applicazioni Mobili

Relatore:
Chiar.mo Prof.
Luciano Bononi

Presentata da:
Simone Rondelli

Correlatori:
Chiar.mo Prof. Tullio Salmon
Cinotti
Dott. Marco Di Felice
Dott. Luca Bedogni

Sessione III
Anno Accademico 2012/2013

Sommario

Abstract L^AT_EX.

Abbiamo la testa rotonda per pensare in tutte le direzioni.

Francis Picabia - (1922)

Indice

1	Introduzione	5
1.1	Smart Cities	5
1.2	Electrical Mobility	5
1.3	Lavori Correlati	8
1.4	Un po di storia	8
2	Architettura	9
2.1	Smart-M3	9
2.1.1	Semantic Information Broker	10
2.1.2	I Knowledge Processor	11
2.1.3	Le triple RDF	12
2.1.4	Ontologie	13
2.1.5	Sottoscrizioni	13
2.1.6	SPARQL	13
2.1.7	Il protocollo SSAP	14
2.2	Il Modello Ontologico	15
2.2.1	Introduzione	15
2.2.2	Classi di IoE	16
2.2.3	Sottoclassi di owl:Thing	16
2.2.4	Sottoclassi di ioe:Data	19
2.2.5	Modifiche apportate all'ontologia	20
2.3	I Semantic Information Broker	25
2.3.1	City SIB	26
2.3.2	Dash SIB	26
2.4	La libreria IoE	27

2.4.1	Connessione al SIB	27
2.4.2	Entities	29
2.4.3	Controller	30
3	Servizio Cittadino	33
3.1	Architettura	33
3.2	La comunicazione con il City Service	33
3.2.1	Protocollo di richiesta di prenotazione	34
3.3	Il Protocollo di rimozione di una prenotazione	35
3.4	Implementazione	36
3.4.1	Pool Di Oggetti	37
3.4.2	Pool Di Thread	38
3.4.3	Il funzionamento del City Service	39
3.5	Testing	44
3.5.1	Test Protocolli	44
3.5.2	Valutazione Performance	46
4	Applicazione Mobile	49
4.1	Funzionalità	50
4.2	Architettura	50
4.2.1	Android	50
4.2.2	Blue&Me	52
4.2.3	Operazioni Asincrone	53
4.2.4	Profilo Altimetrico e Contributo Energetico	54
4.3	Modalità di esecuzione	54
4.3.1	Simulazione	54
4.3.2	Con Blue&Me	56
4.3.3	Senza Blue&Me	56
4.4	Funzionalità	56
4.4.1	Il menu principale	57
4.4.2	Storia delle ricariche effettuate	57
4.4.3	Monitoraggio Parametri Batteria	57
4.4.4	Effettuare una richiesta di prenotazione	59
4.4.5	Profilo Altimetrico e Contributo Energetico	61

4.4.6	Mappa	63
4.5	Activities	63
5	Piattaforma di Simulazione	65
5.1	Architettura	65
5.1.1	SUMO	65
5.1.2	OMNeT++	67
5.1.3	Veins	68
5.2	L'ambiente di simulazione	69
5.2.1	Generazione file di Configurazione	69
5.2.2	Download Scenario	69
5.2.3	Generazione XML di SUMO	71
5.2.4	Il funzionamento di Veins	72
5.3	Il Modello della Batteria	73
5.4	I Moduli	73
5.4.1	CarLogic	74
5.4.2	Battery	75
5.4.3	CityService	75
5.5	parametri no scrittura sb	75
A	Installazione Ambiente	77
A.1	Installazione	77
A.1.1	Installazioni preliminari	77
A.1.2	OMNeT++	78
A.1.3	SUMO	78
A.1.4	SMART-M3	79
A.1.5	KPI_Low	79
A.1.6	Importare il progetto in OMNeT++	80
B	Vista al Centro Ricerche Fiat	83
C	UniboGeoTools	85
D	OntologyLoader	87

Capitolo 1

Introduzione

1.1 Smart Cities

Città intelligenti

1.2 Electrical Mobility

Al giorno d'oggi l'Electrical Mobility (EM) è considerata una degli elementi chiave per ridurre l'inquinamento e al contempo liberarsi dalla dipendenza dai combustibili fossili. Questo sta portando a ingenti investimenti da parte di governi e delle industrie automobilistiche.

Nel breve periodo il mercato legato all'EM è destinato a crescere rapidamente come consuguenza dell'incremento della varietà di Veicoli Elettrici (EVs) introdotti dalle Case Automobilistiche. Secondo recenti studi infatti il numero di EVs venduti nel periodo tra il 2010 e il 2012 è aumentato del 200%. Nonostante il crescente interesse nei confronti dell'EM, recenti analisi di mercato dimostrano che i benefici ad essa legati saranno tangibili soltanto nel lungo questo è confermato da una ricerca condotta dal U.S. National Energy Technology secondo cui il 70% delle persone non comprerà un EV a causa dell'incertezza sulla disponibilità delle stazioni di ricarica. A questo si vanno ad aggiungere le ben note problematiche riguardanti la capacità, la durata delle batterie e i tempi di ricarica estremamente lunghi (nell'ordine delle decine di minuti).

Da un lato la durata dei tempi di ricarica, la limitata capacità delle batterie e la disposizione degli Electric Vehicle Supply Element influisce direttamente sull'esperienza di guida di ogni autista e può avere un impatto decisivo sulla penetrazione di mercato dei veicoli elettrici. D'altra parte diversi studi hanno dimostrato che l'impatto sulla rete energetica causato dalla ricarica simultanea di molti Veicoli Elettrici può avere ripercussioni negative e si è quindi delineata la necessità di coordinare le attività tra EVs ed EVSEs

Molti progetti Europei sono stati avviati con lo scopo di limitare queste problematiche. Allo stesso tempo bisogna considerare che un scenario realistico di EM ci sono diverse parti interessate (es: autisti, case automobilistiche, produttori di energia) coinvolte nella gestione dell'EM. La ricerca si è mobilitata in direzione dell'Information and Communication Technology (ICT) per fornire servizi di supporto all'EM e permettere alle parti interessate di cooperare in modo intelligente. Sebbene siano state sviluppate diverse applicazioni su scenari in piccola scala, si è ancora lontani dall'ottenere l'interoperabilità tra gli attori in gioco i quali utilizzano diverse tecnologie e dispositivi.

Dato l'elevato costo che avrebbero i test su larga scala, la simulazione costituisce lo strumento più adatto per testare l'efficienza delle soluzioni ICT prima che vengano realmente sviluppate. Al giorno d'oggi sono stati sviluppati alcuni simulatori veicolari che permettono un controllo molto fine a livello di veicolo e similarmante altrettanti modelli di batteria sono stati creati al fine di riprodurre in modo realistico le dinamiche di carica e scarica della batteria. Tuttavia nessuno di questi strumenti è adatto al fine di studiare le dinamiche assai complesse che si presentano nello scenario dell'EM, come l'impatto degli EV sulla rete elettrica cittadina oppure l'effettiva utilità dell'utilizzo di sistemi di prenotazione delle ricariche.

Il progetto Internet of Energy (IoE) for Electrical Mobility, fondato dall'Unione Europea e comprendente 40 partner da 10 nazioni Europee, mira a colmare queste lacune, sviluppando hardware, software e sistemi middleware che forniranno un'infrastruttura di comunicazione interoperabile tra le parti in gioco all'interno della (? dire due parole a riguardo smart grid).

Lo scopo di questa tesi, frutto del lavoro congiunto tra UNIBO e ARCES, seguito della tesi di laurea di Federico Montori, è fornire contributi su tre

diversi fronti a questo progetto.

Inanzitutto abbiamo sviluppato un architettura software con lo scopo di fornire servizi per l'interazione tra gli EVs ed EM attraverso lo smartphone. Il servizio centrale è il City Service (CS) il quale si prende a carico le richieste di ricarica, che arrivano dagli smartphone, fornendo la lista degli EVSEs disponibili che più si adattano alle esigenze dell'utente. Il modello di dati usato dal servizio si basa su un'ontologia che rappresenta tutte le informazioni relative alla smart-grid. Le informazioni sono condivise attraverso un repository semantico chiamato Semantic Information Broker (SIB), esso garantisce, grazie all'ontologia, un'interazione uniforme tra i vari componenti del sistema.

In secondo luogo abbiamo creato un'applicazione mobile che permette all'utente di monitorare i parametri della batteria del veicolo e di prenotare slot di tempo presso gli EVSE grazie all'interazione con la SIB cittadina. Il servizio di prenotazione dà la possibilità di scegliere in base a vari parametri come il prezzo, la distanza, il contributo energetico necessario a raggiungere l'EVSE e il tempo totale di ricarica.

Infine abbiamo creato una piattaforma di simulazione integrata che permette di valutare su larga scala l'impatto della EM. Diversamente ad altri tool già presenti il nostro framework permette di studiare il comportamento degli EV, con relativo modello di carica e scarica della batteria, insieme all'interazione di essi con la smart grid attraverso gli EVSE. A questo proposito sono stati usati diversi tool tra i quali SUMO, un "simulatore di traffico microscopico", OMNET++, un simulatore a eventi discreti, e infine per far comunicare i due simulatori viene usata l'interfaccia TRACI, messa a disposizione da SUMO, la quale comunica con OMNET++ attraverso Veins. Grazie a SUMO riusciamo a modellare l'ambiente urbano, nel nostro caso Bologna e Torino, includendo dati topografici e altimetrici realistici. OMNET++ invece è stato utilizzato per implementare i modelli dell'EV, compresa la batteria e il comportamento dell'autista.

1.3 Lavori Correlati

1.4 Un po di storia

DA LASCIARE??? a me *MI* piace

L'applicazione mobile è stato il cavallo di troia con il quale ho avuto il privilegio di partecipare a questo progetto. Era il 19/07/2012 quando ho inviato al Prof *Luciano Bononi* la richiesta di progetto per il corso di *Laboratorio di Applicazioni Mobili*. Non potevo immaginare che quella email mi avrebbe portato ad un lavoro durato oltre un anno e che dura tutt'ora. Al colloquio per l'assegnazione del progetto mi venne presentato questa opportunità: ovvero rendere più accattivante un applicazione mobile fatta da Federico Montori per il suo progetto di laurea. Questo perché, visto il poco tempo che egli aveva potuto dedicarci, era ancora in fase embrionale. Così in seguito a qualche meeting con i vari componenti del progetto e notevoli dosi di pazienza da parte di *Federico Montori*, il quale mi ha introdotto al progetto, sono riuscito ad avere un ambiente più o meno funzionante, la simulazione mi crashava dopo un secondo ma tanto bastava per introdurre un veicolo e fare i test con la nuova applicazione mobile. Successivamente, capendo la vastità del progetto che stava dietro a tale applicazione, decisi di farlo diventare progetto di laurea in quanto era evidente che c'era ancora molto lavoro da fare e la mia innata capacità per complicarmi la vita ha giocato un ruolo fondamentale in tutto questo.

??

Capitolo 2

Architettura

In questo capitolo verranno descritte le scelte architetture e implementative che stanno alla base del contributo di questa tesi al progetto IoE.

Lo scenario legato alla mobilità elettrica veicolare è caratterizzato dalla presenza di diversi domini applicativi, piattaforme e parti interessate i quali necessitano di comunicare in modo unificato e trasparente. A tal fine è stato utilizzato il progetto Smart-M3 ([9]) che è il cuore della nostra architettura. Appoggiandosi sulle tecnologie tipiche del *Semantic Web* Smart-M3 assicura l'interoperabilità tra gli attori in gioco.

In particolare vedremo come possono coesistere elementi reali ed elementi simulati e come il passaggio dall'uno all'altro sia assolutamente trasparente a tutti i componenti del sistema grazie all'uso di tecnologie ontology-based.

2.1 Smart-M3

Prima di parlare dei componenti strettamente legati a questo progetto è doveroso fare un'introduzione alla tecnologia che fa da collante tra di essi ovvero Smart-M3. Capire come funziona Smart-M3 e quali sono i suoi principi è fondamentale al fine di comprendere a fondo il resto di questo documento.

M3 è un architettura middleware per consentire l'interoperabilità delle informazioni in maniera cross-domain, multi-vendor, multi-device, multi-piattaforma ([3]). Smart-M3 è la sua prima implementazione Open Source, proposta da SOFIA, un Progetto Europeo (2009-11), appartenente al fra-

mework ARTEMIS. La piattaforma implementa il disaccoppiamento tra produttori e consumatori di informazione. In questa architettura tutti gli attori (sensori, dispositivi, servizi, attuatori ecc..) cooperano attraverso un database RDF che è lo standard deciso dal World Wide Web Consortium per la descrizione di informazioni e concetti. L'interoperabilità è resa possibile da un modello di dati condiviso che si basa su tecnologie tipiche del Semantic Web.

Il Semantic Web è un framework sviluppato dal World Wide Web Consortium per consentire la condivisione e il riutilizzo dei dati attraverso applicazioni, aziende e comunità eterogenee.

La figura 2.1 mostra il funzionamento dell'architettura M3. Il legacy gate è un'interfaccia con il mondo esterno e di essi ne possono coesistere innumerevoli in un'architettura M3.

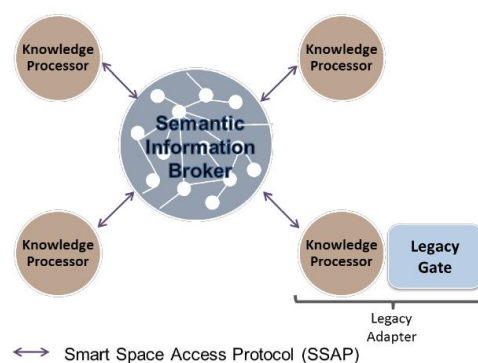


Figura 2.1: Architettura Smart-M3

2.1.1 Semantic Information Broker

Il *Semantic Information Broker* (SIB) è l'entità responsabile della conservazione e della gestione delle informazioni condivise nell'architettura M3. Gli agenti Software che si scambiano le informazioni vengono chiamati *Knowledge Processors* (KPs). L'accesso alla SIB da parte dei KP avviene attraverso lo *Smart Space Access Protocol* (SSAP), esso consiste in messaggi XML scambiati attraverso socket TCP/IP. Vengono fornite API che implementano il protocollo SSAP in diversi linguaggi.

Il SIB è un'architettura a 5 livelli ([6]) come mostrato in figura 2.2a:

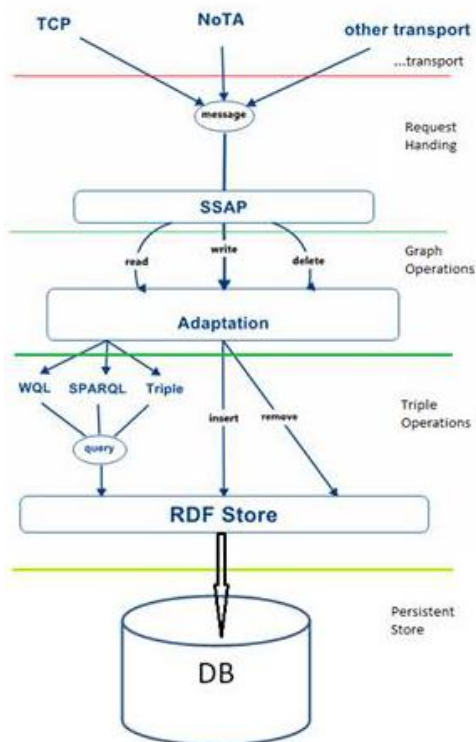
1. **Transport:** Questo livello consiste in una o più comunicazioni di rete a livello di trasporto che permette al SIB di comunicare con diverse reti e architetture. Il livello di trasporto è collegato a quello sottostante tramite il DBus, rendendo possibile l'aggiunta e la rimozione di connettori a runtime.
2. **Operation Handling:** A questo livello vengono gestite le operazioni del protocollo SSAP e ognuna di esse viene eseguita in un thread dedicato. Malgrado l'uso intensivo di thread possa degradare le performance la chiarezza di codice che ne consegue è stata ritenuta più importante.
3. **Graph Operations:** Questo livello gestisce le operazioni di inserimento, rimozione e query dal database RDF come richiesto dal livello 2. Viene eseguito all'interno di un singolo thread che schedula ed esegue le richieste provenienti dai thread che gestiscono le operazioni SSAP la quale comunicazione avviene tramite code asincrone.
4. **Triple Operations:** A questo livello vengono gestite le operazioni SPARQL, WQL e le query basate su pattern-matching di triple RDF. Attualmente è implementato tramite Piglet, un database RDF che si appoggia ad SQL lite per la persistenza delle informazioni. Questo strato può essere tranquillamente cambiato a patto che si scriva il codice necessario ad interfacciare le operazioni a livello di grafo (3) con l'interfaccia fornita dal nuovo store RDF.
5. **Persistent storage:** Questo è il livello che assicura la persistenza dei dati.

2.1.2 I Knowledge Processor

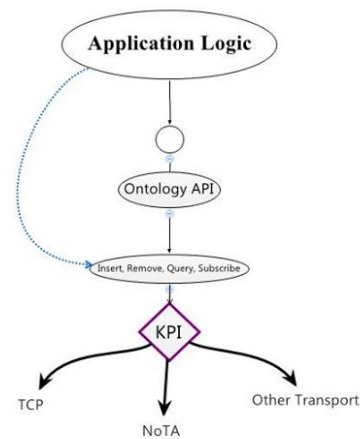
I Knowledge Processor (KP) sono le parti attive dell'architettura Smart-M3. Un KP interagisce con il SIB non direttamente tramite il protocollo SSAP ma tramite le Knowledge Processor Interface (KPI) ovvero delle librerie che lo implementano. Esse possono trovarsi a qualunque livello di astrazione ed essere scritte in qualunque linguaggio. Le funzioni messe a

disposizione dal KPI in genere sono speculari alle operazioni del protocollo SSAP.

I KP sono quelle entità che forniscono, modificano e richiedono le informazioni le informazioni contenute nello smart-space. L'architettura dei KP è mostrata in figura 2.2b.



(a) Architettura del SIB



(b) Architettura dei KP

Figura 2.2: Architetture SIB e KP

2.1.3 Le triple RDF

Nell'architettura Smart-M3 le informazioni sono rappresentate in formato RDF (Resource Description Framework). In RDF le informazioni sono rappresentate come una tripletta *soggetto, predicato, oggetto*. Le triple vengono memorizzate nel SIB e formano un grafo etichettato diretto il quale non necessariamente è un grafo connesso.

2.1.4 Ontologie

Mentre RDF fornisce il modello di dati standard per la rappresentazione delle informazioni, l'uso di un linguaggio ontologico è indispensabile per assegnare una semantica all'informazione. Linguaggi ontologici come RDFS e OWL forniscono un vocabolario comune. L'uso di una ontologia comune consente a tutti gli attori (uomini e macchine) di capire reciprocamente la semantica delle informazioni e di cooperare in simbiosi attraverso il SIB. Smart-M3 è agnostico rispetto all'ontologia e quindi consente agli sviluppatori di scegliere il modo migliore di modellare le informazioni al fine di soddisfare le esigenze funzionali del dominio applicativo indirizzato.

2.1.5 Sottoscrizioni

Un aspetto fondamentale di questa tecnologia è il meccanismo delle sottoscrizioni grazie al quale è possibile ricevere notifiche al variare di set di triple. Le sottoscrizioni sono determinanti nella nostra architettura perché, come vedremo più avanti (Sez. 3.2), sono alla base dei protocolli di scambio dati tra i componenti del sistema.

2.1.6 SPARQL

SPARQL, si pronuncia *sparkle*, (acronimo ricorsivo di SPARQL Protocol and RDF Query Language) è il linguaggio standard de facto per interrogare dei dataset RDF. Come si può dedurre dal nome stesso SPARQL non è semplicemente un linguaggio di interrogazione di dati RDF, ma definisce anche il protocollo applicativo utilizzato per comunicare con le sorgenti RDF (si tratta di un binding su HTTP).

Così come SQL riflette, nella rappresentazione della query, il modello relazionale sottostante, allo stesso modo SPARQL basa la rappresentazione della query sul concetto di tripla e di grafo. Il meccanismo alla base della rappresentazione di una query e della ricerca della sua risposta è il graph matching. La query rappresenta un pattern di un grafo (RDF) e la risposta alla query sono tutte le triple (sotto-grafo) che fanno match con il pattern.

2.1.7 Il protocollo SSAP

L'SSAP (*Smart Space Access Protocol*) è il protocollo con cui si comunica con il SIB. Il protocollo è session-based, i KP che vogliono comunicare con lo smart-space dovranno prima aderirvi con un operazione di Join prevista dall'SSAP. Il KP fornisce le sue credenziali nel messaggio di Join, il SIB esamina le credenziali e decide se accettare il KP o meno. Dopo l'operazione di Join, il KP può eseguire le altre operazioni. L'SSAP è il punto di integrazione principale dell'architettura Smart-M3. Le implementazioni di SIB e KP devono implementare tutte le operazioni del protocollo SSAP al fine di garantire l'interoperabilità.

Le operazioni supportate dal protocollo SSAP sono:

- **JOIN:** Associa il KP allo smart-space solo se le credenziali verranno ritenute valide. Determina l'inizio della sessione.
- **LEAVE:** Determina il termine dell'associazione con lo smart-space e quindi la fine della sessione. Da questo momento in poi non potranno essere eseguite altre operazione di associazione allo smart-space.
- **INSERT:** Operazione atomica di inserzione di un Grafo, formato da triple RDF, nel SIB.
- **REMOVE:** Operazione atomica di rimozione di un Grafo, formato da triple RDF, nel SIB.
- **UPDATE:** Operazione atomica di aggiornamento di un Grafo, formato da triple RDF, nel SIB. In realtà si tratta di una combinazione di DELETE e INSERT eseguita in modo atomico dove l'operazione di DELETE viene eseguita per prima.●
- **QUERY:** Richiesta di informazioni contenute nel SIB attraverso una delle modalità supportate.
- **SUBSCRIBE:** Sottoscrizione a un set di triple contenute nel SIB. Il KP riceve una notifica quando avviene un cambiamento su una di queste triple.
- **UNSUBSCRIBE:** Cancella una sottoscrizione.

2.2 Il Modello Ontologico

In questa sezione verrà spiegato come sono stati modellati i dati attraverso un'ontologia. Il modello ontologico è stato ereditato dalla progetto di Tesi di *Federico Montori* ([8]). Io ho contribuito espandendolo al fine di adattarlo ai nuovi requisiti funzionali sorti durante lo sviluppo del progetto. Verranno quindi mostrate gli aspetti dell'ontologia necessari a comprendere il resto della trattazione e verranno approfondite le modifiche da me apportate.

2.2.1 Introduzione

L'ontologia è definibile come una rappresentazione formale ed esplicita di una concettualizzazione condivisa di un dominio di interesse.

L'ontologia presenta le seguenti proprietà:

- **Rappresentazione Formale:** Utilizza pertanto un linguaggio logico processabile da elaboratori.
- **Esplicita:** Cioè non ambigua e tale da chiarire ogni assunzione fatta.
- **Concettuale:** È una concettualizzazione cioè una vista astratta e semplificata del dominio di interesse
- **Condivisa:** Determinata dal consenso di una pluralità il più ampia possibile di soggetti.

Lo scopo delle ontologie è quindi descrivere delle basi di conoscenze, effettuare delle deduzioni su di esse e integrarle tra le varie applicazioni. Per descrivere le ontologie viene utilizzato il linguaggio OWL (*Ontology Web Language*) che è un'estensione di RDF. È un linguaggio di markup per rappresentare esplicitamente significato e semantica di termini con vocabolari e relazioni tra gli stessi.

I linguaggi della famiglia OWL sono in grado di creare *classe*, *proprietà*, *istanze* e le relative *operazioni*.

2.2.2 Classi di IoE

Una classe è una collezione di oggetti che corrisponde alla descrizione logica di un concetto. Da una classe si possono creare un numero arbitrario di istanze mentre ad un istanza può corrispondere ad una, nessuna o molteplici classi.

Una classe può essere sottoclasse di un'altra classe, ereditando le caratteristiche della super-classe. Tutte le classi sono sottoclasse di `owl:Thing`.

Nel modello di dati utilizzato in questo progetto si è cercato di tenere disaccoppiato il concetto di dato dalle altre entità fisiche. Ne consegue che tutte le entità fisiche sono sottoclassi dirette di `owl:Thing`, mentre le classi destinate a rappresentare i dati sono sottoclasse di `ioe:Data` che a sua volta è sottoclasse di `owl:Thing`.

Nel resto di questo documento userò il prefisso `ioe:` come abbreviazione di `http://www.m3.com/2012/05/m3/ioe-ontology.owl#` che è il namespace scelto per l'ontologia. In generale userò questo prefisso per distinguere le classi dell'ontologia dalle classi Java che come vedremo nella sezione 2.4 hanno lo stesso nome essendo mapping diretto di quest'ultime.

2.2.3 Sottoclassi di owl:Thing

Come già accennato tutte le entità fisiche del nostro modello ontologico sono sottoclasse diretta di `owl:Thing`. Quella mostrata di seguito è una lista delle Classi utilizzate in questo progetto, vengono omesse quelle che sono attualmente irrilevanti o inutilizzate.

Person: Questa classe rappresenta il concetto di persona. Ad ogni persona possono essere associati diversi veicoli (`Vehicle`), diverse richieste di ricarica (`Reservation`), nonché una storia delle ricariche effettuate (`Recharge`). Il concetto di persona viene utilizzato ai fini di autenticazione e in un futuro potrà essere determinante ai fini della fatturazione che il provider energetico eseguirà in seguito alle ricariche.

Vehicle: Rappresenta il concetto di Veicolo Elettrico, siccome i veicoli non elettrici sono irrilevanti al fine di questa trattazione è stata usata direttamente questa classe allo scopo. Ad ogni veicolo sono ovviamente

associati i dati della batteria (BatteryData) che verranno trattati nella sezione relativa alle sottoclassi di **ioe:Data** (2.2.4);

Zone: Rappresenta l'area di copertura del *City Service*. Essa è definita da un rettangolo formato dall'angolo nord-ovest e dall'angolo sud-est.

GridConnectionPoint: Il *Grid Connection Pointer* (GCP) è la stazione di ricarica. Esso contiene almeno un EVSE che invece rappresenta la colonnina dove ci si ricarica effettivamente. Il rapporto tra un GCP e gli EVSE è lo stesso che intercorre tra una stazione di rifornimento e le pompe di benzina.

EVSE: Il *Electrical Vehicle Supply Equipment* è il punto in cui il veicolo si connette alla rete elettrica. Una volta connesso può sia ricaricare la sua batteria che cedere energia alla smart-grid. Un EVSE ha diversi connettori (Connector) per adattarsi ai vari tipi di presa posseduti dai veicoli elettrici. Inoltre, ogni EVSE, ha una lista di prenotazioni associate.

ChargeProfile: È l'insieme dei parametri che caratterizzano il profilo energetico di un EVSE in un determinato istante. I parametri attualmente sono: potenza, orario di validità del profilo stesso e prezzo per unità di energia (in genere 1 kWh). Ovviamente può essere attivo un solo ChargeProfile alla volta e il variare di quest'ultimi può essere determinato da fasce orarie proprio come avviene per l'energia elettrica casalinga.

Connector: È il connettore di ricarica ovvero il punto di contatto tra l'EVSE e l'EV. Ogni EVSE può avere diversi connettori al fine di poter essere compatibile con il maggior numero di veicoli possibile. Malgrado negli usa si stia cercando di introdurre uno standard a riguardo ormai esistono diversi tipi di connettori.

ChargeRequest: Richiesta di ricarica. Viene istanziata quando un utente necessita di creare una prenotazione e al suo interno sono contenuti tutti i parametri necessari a descriverla. Fa parte del protocollo di richiesta di prenotazione discusso nella sezione 3.2. Mentre un approfondimento sulla sua struttura è trattato nella sezione 2.2.5.

ChargeResponse: È la risposta fornita dal servizio cittadino a seguito della richiesta di prenotazione. Al suo interno contiene un riferimento alla richiesta (ChargeRequest) da cui è stata generata e una lista di opzioni di ricarica che aderiscono alla richiesta dell'utente (ChargeOption).

ChargeOption: Fa parte della risposta (ChargeResponse) che il servizio cittadino dà all'utente in seguito a una richiesta di prenotazione (ChargeRequest). Contiene i parametri di ricarica come EVSE, orario e prezzo.

Currency: Rappresenta una valuta relativa a un prezzo. Alcune sue istanze sono state inserite direttamente nell'ontologia (**ioe:Euro**, **ioe:Dollar** ecc.);

Reservation: Se il protocollo di richiesta di prenotazione va a buon fine verrà creata un'istanza di questa classe che indica che l'EVSE a cui è associata è occupato per un determinato periodo di tempo.

ReservationList: Lista di prenotazioni associate ad un EVSE. Ogni EVSE può avere una unica lista di prenotazioni associate.

ReservationRetire: Classe che denota la volontà dell'utente di ritirare una prenotazione.

Recharge: Quando un utente, in seguito a una prenotazione, termina di ricaricarsi, inserita questa entità ad esso associato. Denota l'avvenuta ricarica e può essere utile per tener traccia dell'attività dell'utente nonché per fare statistiche.

UnityOfMeasure: Rappresenta l'unità di misura per i dati del progetto. Deve esserne associata una ad ogni sottoclasse di **ioe:Data**. Attualmente sono hardcoded all'interno dell'ontologia (**ioe:Watt**, **ioe:Volt** ecc.)

Data: Questa classe rappresenta il concetto di dato misurabile e ogni sua sottoclasse sarà caratterizzata da un valore e da un'unità di misura.

2.2.4 Sottoclassi di `ioe:Data`

In questa sezione viene mostrata una lista di tutte le tipologie di dato utilizzate in questo progetto. Esse sono tutte sottoclassi di `ioe:Data` e sono caratterizzate da un valore e da unità di misura `ioe:UnityOfMeasure`. Le unità di misure che vengono elencate nel seguente elenco sono quelle utilizzate nell'ambito di questo progetto niente vieta di cambiarle.

BatteryData: In questa classe sono raggruppati tutti i dati relativi allo stato della batteria di un veicolo (`ChargeData`, `VoltageData`, `PowerData`, `CurrentData`, `TempertureData`)

ChargeData: Rappresenta la quantità di carica, l'unità di misurata usata è il kilowattora (kWh).

VoltageData: Rappresenta la tensione elettrica, l'unità di misurata usata è il volt (V).

PowerData: Rappresenta la potenza elettrica, l'unità di misurata usata è il kilowatt (kW).

CurrentData: Rappresenta l'intensità di corrente, l'unità di misurata usata è l'ampere (A). Usato sia per indicare la corrente in uscita che quella in entrata, come ad esempio i cicli di carica e scarica della batteria.

TempertureData: Rappresenta la temperatura, l'unità di misurata usata è il grado celsius (°C). Attualmente non è considerato nei nostri modelli.

LocationData: Rappresenta i dati geografici dell'entità a cui si riferisce. In realtà non viene mai utilizzato ma viene usata direttamente la sua sottoclasse `GPSTData`.

GPSTData: Rappresenta le coordinate GPS ovvero latitudine e longitudine, l'unità di misura non

SpatialRangeData: Rappresenta uno spazio geografico determinato da un punto GPS e un raggio intorno ad esso, l'unità di misurata usata è il metro (m).

PriceData: Rappresenta le informazioni relative a un prezzo ad esso è associata una valuta (sezione 2.2.3)

TimeIntervalData: Rappresenta un intervallo di tempo compreso tra due date. Originariamente veniva usato con le date nella forma gg/mm/aa, attualmente invece vengono indicati gli intervalli in millisecondi.

2.2.5 Modifiche apportate all'ontologia

La versione dell'ontologia su cui ho iniziato a lavorare era la 1.5.4 dalla quale sono seguiti 10 successivi rilasci fino ad arrivare alla versione attuale 1.6.2. Le modifiche più importanti sono state quelle relative al supporto di un nuovo protocollo di prenotazione delle ricariche, inoltre sono state operate operazioni di refactoring e di correzione di errori.

Il concetto di Utente

Inizialmente il concetto di utente non era previsto nell'ontologia in quanto non trovava nessuna applicazione pratica. L'entità che interagiva con la smart-grid era il veicolo e non l'utente. Questo approccio presenta i suoi limiti nel caso in cui un utente possieda più veicoli e voglia monitorare le ricariche effettuate o le prenotazioni pendenti con un'unica soluzione. Inoltre, anche dal punto di vista dei fornitori di corrente elettrica, può essere utile avere una visione a livello di utente in modo da semplificare le operazioni di fatturazione. Successivamente è stata introdotta la necessità di autenticare gli utenti al fine di poter cifrare le comunicazioni con l'SIB.

È stata quindi introdotta la classe **ioe:Person**. Seppur esistano già delle ontologie con delle classi che rappresentano questo concetto è stato ritenuto più semplice crearne uno nostro. Sviluppi futuri potrebbero legare questo concetto a uno già esistente in modo da rendere più semplice l'interoperabilità tra sistemi diversi. La classe presenta le seguenti proprietà:

- **ioe:hasName:** Nome e cognome dell'utente in formato stringa. Attualmente è irrilevante avere una separazione dei due.
- **ioe:hasUserIdentifier:** Codice che identifica univocamente l'utente.

- **ioe:hasVehicle**: Questa proprietà associa a un utente uno o più veicoli.

Come si può vedere attualmente l'utente è modellato in modo molto primitivo, sono state infatti incluse solo le proprietà strettamente necessarie al nostro dominio di interesse.

Il concetto di Veicolo

Nel vecchio modello ontologico il concetto di veicolo, in quanto non essenziale, non veniva particolarmente enfatizzato. Nella ultime versioni dell'ontologia ho aggiunto alcune proprietà al veicolo per venire incontro all'esigenza di poter distinguere la provenienza dei veicoli stessi. Infatti i veicoli vengono inseriti nel SIB dal simulatore e possono anche essere reali come nel caso del Fiat Daily provato al CRF (App. B).

Il veicolo è attualmente definito dalle seguenti proprietà:

- **ioe:hasManufacturer**: Casa automobilistica che produce il veicolo.
- **ioe:hasModel**: Modello del veicolo.
- **ioe:hasGPSData**: Questa proprietà punta ad un istanza di **ioe:GPSData** che a sua volta contiene le informazioni di latitudine e longitudine.
- **ioe:hasBatteryData**: Questa proprietà punta ad un istanza di **ioe:BatteryData** che contiene tutti i dati della batteria.
- **ioe:hasIdentificationData**: Identificativo del veicolo, attualmente non viene usato e per semplificazione al suo posto viene usata la proprietà **ioe:hasName**.

Precedentemente

Il concetto di Ricarica

Nella prime versioni dell'ontologia non esisteva nulla che indicasse il concetto di ricarica avvenuta molto utile al fine di far statistiche sia lato utente (es: quanto si è speso in un mese per ricaricare il veicolo) sia lato smart-grid

(es: Quanta energia è stata erogata, quali sono stati gli introiti). Questo perché i tempi previsti dalla prenotazione possono differire sensibilmente da quelli reali, basti pensare a una persona che arriva in ritardo a ricaricarsi o lascia la colonnina in anticipo.

È stata quindi introdotta la classe **ioe:Recharge**, da notare che le proprietà di seguito elencate sono state accordate con un altro partner del progetto IoE ovvero la spagnola AICIA al fine di eseguire un demo congiunta dove si dimostrava l'interoperabilità tra la nostra piattaforma e quella sviluppata da loro.

- **ioe:hasDate**: Data e ora in cui è avvenuta la ricarica.
- **ioe:hasUser**: Utente che ha effettuato la ricarica, qui si nota la necessità di inserire la classe **ioe:Person** (2.2.5).
- **ioe:hasRechargeTime**: Il tempo necessario ad eseguire la ricarica.
- **ioe:hasConsumption**: La quantità di corrente impiegata per effettuare la ricarica.

Il Vecchio Protocollo di Prenotazione

Il protocollo di prenotazione iniziale era in stato embrionale e serviva a scopo esemplificativo per dimostrare la fattibilità della cosa. I parametri previsti per la richiesta di richiesta, ovvero come proprietà della classe **ioe:ChargeRequest** erano:

- **ioe:hasPreferredTime**: Indica la data in cui l'utente vorrebbe effettuare la ricarica.
- **ioe:hasPosition**: Indica la posizione da cui si sta eseguendo la richiesta.
- **ioe:hasRequestedEnergy**: Indica la quantità di carica richiesta.
- **ioe:hasRequestingVehicle**: Indica il veicolo che richiede la ricarica.
- **ioe:hasChargeResponse**: Indica la risposta che viene fornita dal sistema.

In quanto embrionale in seguito ad alcune simulazioni è sorta la necessità di aggiornare il protocollo per risolvere alcune problematiche.

Al di là della mancanza del concetto di utente, l'assenza di range nei campi **ioe:hasPreferredTime** ed **ioe:hasPosition** potevano portare ad ambiguità nella risposta che non avendo alcun limite poteva diventare eccessivamente grande. Questo poteva portare problemi di traffico nel caso di utilizzo di smartphone agganciati alla rete tramite connettività mobile.

Il nuovo Protocollo di prenotazione

In seguito ai problemi messi in luce nel paragrafo precedente (2.2.5) è stato deciso di sviluppare un nuovo protocollo di prenotazione che prendesse in considerazione i nuovi requisiti funzionali.

La classe è **ioe:ChargeRequest** è stata quindi ridefinita con le seguenti proprietà:

- **ioe:hasRequestingUser**: Utente che ha effettuato la ricarica. Malgrado si possa risalire all'utente tramite il veicolo è stato comunque inserita la proprietà al fine di semplificare le query SPARQL.
- **ioe:hasSpatialRange**: Area nella quale si vuole eseguire la ricarica. Il punto centrale di quest'area non corrisponde necessariamente con la posizione dell'utente. Come vedremo nella sezione relativa all'applicazione mobile (4) l'area di prenotazione può essere scelta arbitrariamente sulla mappa.
- **ioe:hasTimeInterval**: Indica il range temporale all'interno del quale si è disposti ad eseguire la ricarica. Può anche essere molto superiore al tempo necessario per la ricarica nel caso in cui non ci siano particolari preferenze di tempo.
- **ioe:hasRequestingVehicle**: Indica il veicolo per cui si richiede la ricarica. Non differisce rispetto al vecchio protocollo.
- **ioe:hasRequestedEnergy**: Indica la quantità di carica richiesta. Non differisce rispetto al vecchio protocollo.

Per quanto sia stato migliorato il protocollo è ancora incompleto ed in quanto tale è ancora aperto a migliorie. Ad esempio non è possibile specificare la volontà dell'utente di essere più flessibile per quanto riguarda la quantità di carica richiesta e nemmeno, nel caso fosse richiesto dalla smart-grid, se fosse disposto a cedere parte della sua carica.

Oltre alla richiesta è stata modificata anche la risposta. Alla classe `ioe:ChargeResponse` è stata aggiunta la proprietà `ioe:hasRelatedRequest` al fine di semplificare le query SPARQL. Anche le opzioni di ricarica contenute nella risposta sono state modificate con lo scopo di farle aderire ai nuovi requisiti funzionali ma anche per semplificare le query SPARQL.

Di seguito verranno espone le proprietà della classe `ioe:ChargeOption`. Dalla vecchia definizione è stata rimossa la proprietà `ioe:hasChargeProfile`. Le proprietà ereditate dalla vecchia ontologia verranno opportunamente segnalate.

- `ioe:optionHasEVSE`: EVSE presso il quale avverrà la ricarica (ereditata).
- `ioe:hasTimeInterval`: Specifica il tempo necessario a ricaricarsi calcolato sulla base dell'energia richiesta e la potenza della colonnina. Questa proprietà era presente anche nella vecchia definizione dove i tempi venivano indicati con le date in formato gg/mm/aaaa, attualmente i tempi vengono indicati in millisecondi (passati dalla mezzanotte del 1 Gennaio 1970 UTC) con le proprietà `ioe:hasFromTimeMillisec` e `ioe:hasToTimeMillisec`.
- `ioe:hasRequestingVehicle`: Il veicolo per cui è stata effettuata la richiesta. (ereditata)
- `ioe:hasRequestingUser`: L'utente che ha effettuato la richiesta.
- `ioe:hasGridConnectionPoint`: Il GCP presso cui avverrà la ricarica. Malgrado vi si possa accedere tramite l'EVSE è stato inserito al fine di semplificare le query SPARQL.
- `ioe:hasTotalPrice`: Prezzo totale della ricarica.

- **ioe:hasGcpPosition**: Posizione del GCP, anche questa proprietà è stata aggiunta per semplificare le query SPARQL.

Rimozione informazioni Hardcoded

Fino alla versione *1.5.11* dell'ontologia le informazioni relative ai GCP erano hardcoded nell'ontologia, scelta che all'inizio del progetto è stata necessaria a causa del poco tempo. Successivamente questo approccio ha si è rivelato fortemente limitante in quanto la modifica dell'ontologia è un'operazione abbastanza tediosa e soprattutto è poco flessibile.

Al fine di risolvere questo problema ho deciso di rimuovere questi dati dall'ontologia e inserirli all'interno di un file XML che viene caricato dal *City Service* (Sez. 3.4.3) e dal simulatore (Sez. 5) in fase di inizializzazione.

Grazie a questo approccio è diventato relativamente semplice impostare uno scenario del tutto diverso da quello previsto dal progetto.

2.3 I Semantic Information Broker

I SIB sono alla base dell'infrastruttura semantica che caratterizza questo progetto. I componenti del sistema (dal servizio cittadino, allo smartphone, all'EVSE ecc..) comunicano e rendono permanenti le informazioni grazie ad essi. L'architettura rimane sostanzialmente invariata da quella presentata da Federico Montori ([8]) nel suo progetto di tesi. Verrà comunque esposta al fine di comprendere il resto della trattazione e verranno evidenziate le variazioni apportate alla soluzione iniziale.

L'architettura proposta prevede 2 SIB: il *City SIB* e il *Dash SIB*.

2.3.1 City SIB

Il *City SIB* è il SIB cittadino. Al suo interno vengono immagazzinate tutte le informazioni utili a caratterizzare uno scenario di mobilità elettrica veicolare. Viene inoltre utilizzato come interfaccia di scambio dati tra il *City Service* e gli agenti esterni, infatti è qui che vengono scritti i messaggi che compongono i protocolli i quali vengono cancellati una volta terminati. L'area di copertura di tale SIB e di conseguenza del *City Service* è definita dalla

classe dell'ontologia **ioe:Zone** anche se attualmente non viene utilizzata in quanto gli scenari proposti prendono in considerazione una città alla volta.

Al fine di poter rispondere alle richieste di prenotazione degli utenti il *City Service* contiene le informazioni su tutte le colonnine della zona che ricopre. Inoltre possiede le informazioni relative agli utenti e a i veicoli da essi posseduti. Non contiene le informazioni relative alla batteria che sono contenute nella *Dash SIB* (2.3.2). Nell'architettura proposta nel progetto precedente a questo gli utenti non esistevano (2.2.5) e le informazioni relative ai veicoli si trovavano esclusivamente nella *Dash SIB*.

L'inizializzazione del *City SIB*, contrariamente a quanto avveniva prima, viene eseguita dal servizio cittadino stesso, inoltre il servizio cittadino si occupa di caricare le informazioni dei GCP, caricate da un file XML, e di inserirle nel SIB (Sez. 3.4.3).

2.3.2 Dash SIB

Il *Dash SIB* è un SIB che dovrebbe essere integrato a bordo di ogni veicolo. Il suo scopo è tenere costantemente traccia dei parametri che caratterizzano posizione, stato della batteria e tutti gli altri parametri variabili che caratterizzano un veicolo. Al fine di collegare questi dati a un veicolo la tripla che descrive un'istanza di **ioe:Vehicle** viene ripetuta anche su questa SIB.

Inizialmente si pensava che questo SIB sarebbe stato eliminato in un contesto reale in quanto i dati in esso contenuti sarebbero stati presi direttamente dal veicolo. È stato invece deciso di mantenerlo per poterlo usare come interfaccia comune per l'interrogazione dei dati. Ovvero le applicazioni che utilizzano i dati del veicolo, come ad esempio l'applicazione mobile, dovrebbero essere agnostiche dalla sorgente di dati (es: Veicolo Reale, Veicolo Simulato). Compito del programmatore è scrivere un adattatore che scrive i dati in provenienza dalle varie fonti sul DASH SIB. Come vedremo più avanti (Cap. 5, 4) grazie a questa tecnica è possibile controllare dal telefonino un veicolo presente nel simulatore tenendone monitorati tutti i parametri. I veicoli del simulatore scrivono tutti sullo stesso *Dash SIB* in quanto sarebbe computazionalmente proibitivo e del tutto inutile fare altrimenti.

Siccome attualmente non esistono veicoli che contengono un SIB esiste in fase di test su veicolo reale (App. B) è stato necessario portare un computer a bordo che contenesse il DASH SIB dal quale l'applicazione mobile attingeva per prelevare i dati.

2.4 La libreria IoE

Questa libreria implementa la logica applicativa ovvero il nucleo operativo del nostro strato di servizi. È la base per qualunque applicazione che intenda interfacciarsi con il sistema in modo semplice ed efficace. Viene infatti sfruttata sia dal *City Service* che dall'applicazione mobile, da me sviluppati, è inoltre utilizzata da un visualizzatore di ricariche, nato da un progetto parallelo al mio, del quale sviluppo si è occupata una ragazza di Ingegneria.

2.4.1 Connessione al SIB

La connessione al *SIB* viene eseguita da una libreria Java (JavaKPI), sviluppata da ARCES, che implementa il protocollo SSAP. Ho creato un wrapper di questa libreria che ne semplifica l'utilizzo e aggiunge alcune funzionalità. Essa si trova nel package `it.unibo.ioe.sib`.

RdfTriple

La libreria JavaKPI rappresenta le triple RDF come vettore di Stringhe di 5 elementi (`Vector<String>`): soggetto, predicato, oggetto, tipo soggetto, tipo oggetto. Per semplificare la gestione delle triple RDF, che sono l'entità di base su cui si basa il SIB, ho creato una classe `RdfTriple` che possiede gli attributi `subject`, `predicate`, `object`, `subjectType`, `objectType` e i corrispettivi `getter` e `setter`.

KpConnector

La maggior parte delle operazioni che si possono eseguire con la libreria JavaKPI richiedono due passaggi: l'invio del comando, e il parsing della risposta. Questo perché ogni operazione di interazione con il SIB avviene

tramite messaggi XML, conformi al protocollo SSAP. La libreria genera automaticamente il messaggio da inviare alla SIB ma lascia al programmatore l'onere di effettuare il parsing della risposta. Ho quindi mappato tutte le operazioni di interazione con la SIB all'interno della classe **KpConnector**.

La classe **KpConnector** svolge le operazioni di parsing anche sui messaggi di risposta. Al posto dei vettori di stringhe ho utilizzato istanze della classe **RdfTriple**. Mentre dove venivano usate liste di triple (es: inserimento multiplo di triple, risultati di query SPARQL) ho sostituito con liste di oggetti di tipo **RdfTriple** (**List<RdfTriple>**). La classe che si occupa di convertire i tipi di dato usati dalla libreria **JavaKPI** ai tipi usati dal wrapper da me creato è **RdfParser**.

KpFactory

La classe **KpConnector** necessita di indirizzo, porta e nome del SIB a cui ci si vuole connettere, questo perché il suo utilizzo deve essere il più generico possibile. Nel nostro caso però le connessioni avvengono sempre verso gli stessi due SIB (CITY e DASH), ho quindi creato una classe factory (**KpFactory**) che, conoscendo i parametri di connessione necessari, crea due istanze di **KpConnector**, una per il CITY SIB e una per il DASH SIB, e restituisce sempre quello evitando quindi la creazione di istanze di oggetti inutili. Essendo la libreria **JavaKPI** non thread-safe viene comunque data la possibilità di creare istanze in modo veloce nel caso si lavori in ambienti multi-thread. Questo aspetto verrà approfondito più avanti dove vedremo come, tramite la tecnica dei pool di oggetti, possiamo risparmiare il tempo necessario a creare nuove istanze.

2.4.2 Entities

Ogni classe dell'ontologia è stata mappata con una rispettiva classe Java (**Entity**) nel package **it.unibo.ioe.entity**. Per questa scelta architetturale mi sono ispirato all'ORM (Object Relational Mapping) che è una tecnica di programmazione che favorisce l'integrazione di sistemi software aderenti al paradigma della programmazione orientata agli oggetti con sistemi RDBMS (Relational database management system).

Mapping

Il mapping che ho creato è molto semplice e tiene conto solo delle proprietà strettamente necessarie nello strato di servizi e tralascia alcuni dettagli come l'unità di misura che attualmente, malgrado siano previsti nell'ontologia, vengono dati per scontati a livello applicativo. Le proprietà delle classi che hanno come oggetto un letterale sono state mappate con tipi primitivi Java (`int`, `double`, `String` ecc..). Mentre le proprietà che come oggetto hanno un'altra classe sono rappresentate come attributo che come tipo ha l'Entity che corrisponde alla classe.

Serializzazione

Alcune Entity sono state opportunamente annotate al fine di poter essere serializzate in XML tramite la tecnologia **JAXB**. Questo è risultato necessario nel caso dei *GCP* che vengono caricati da un file XML, nella cartella del *City Service*, il quale si occupa poi di inserirli nel SIB. Ogni classe inoltre implementa l'interfaccia `java.io.Serializable` al fine di permettere il passaggio delle Entity tra le varie **Activity** dell'applicazione mobile.

Esempio La proprietà dell'ontologia `ioe:hasEVSE` ha come dominio `ioe:GridConnectionPoint` e come codominio `ioe:EVSE`. Inoltre tutte le classi dell'ontologia hanno la proprietà `codevcard:hasName`.

Questa situazione viene tradotta nell'Entity:

```
1 @XmlElement(name = "GCP")
2 @XmlAccessorType(XmlAccessType.FIELD)
3 public class GCP implements Serializable {
4     @XmlTransient
5     private String URI;
6     private String gcpName;
7     @XmlElement(name = "EVSE")
8     private List<EVSE> evseList;
9     /* other properties*/
10    /* getter & setter*/
11 }
```

Listato 2.1: Entity di esempio

2.4.3 Controller

I **Controller** sono le classi delegate ad eseguire le operazioni **CRUD** (create, read, delete, update) con il SIB e si trovano nel package `it.unibo.ioe.controller`. Ne esiste uno per ogni Entity. Ogni **Controller** possiede un'istanza di **KpConnector** che permette la comunicazione con il SIB.

Lettura Le operazioni di lettura vengono eseguite tramite una query **SPARQL** che preleva dal SIB le informazioni necessarie che poi vengono inserite in una nuova istanza di Entity la quale viene restituita all'utente.

Scrittura Le operazioni di scrittura ricavano una lista di triple RDF a partire da un'istanza di Entity. La lista di triple viene poi convertita in una **SPARQL** insert al fine di ridurre i dati inviati al SIB. L'operazione di conversione è eseguita da una funzione di della classe **SibUtil**. Questa tecnica si rivela particolarmente utile quando si utilizza la libreria da un dispositivo mobile connesso a internet tramite rete cellulare (es: EDGE, GPRS, HSDPA ecc...). Da notare che tutte le Entity possiedono un campo **URI** che viene valorizzato nell'operazione di inserzione con l'URI assegnato all'istanza che si sta per scrivere sul SIB.

Aggiornamento Le operazioni di aggiornamento ricavano i dati aggiornati tramite una query **SPARQL** che andranno a sostituire quelli obsoleti all'interno di un'istanza di Entity

Rimozione Le operazioni di rimozione lato *City Service* sono eseguite direttamente tramite **SPARQL** delete. Mentre le operazioni di rimozione all'esterno (es. applicazione mobile), per motivi di sicurezza, sono eseguite tramite richiesta al servizio cittadino il quale si occupa di effettuare la rimozione vera e propria.

Capitolo 3

Servizio Cittadino

Il servizio cittadino (*City Service*) è il cuore dell'architettura software e, al fine di supportare le interazioni tra gli EV e la Smart Grid. Lo scambio di informazioni avviene tramite un SIB cittadino e la struttura dei messaggi è definita all'interno dell'Ontologia.

3.1 Architettura

Il principio di base con cui ho progettato il *City Service* è la modularità e riusabilità. Ho quindi creato una libreria, **ioe_lib**, condivisa tra il servizio cittadino e l'applicazione mobile. Essa fornisce i servizi di base di accesso al *SIB*, nonché un approccio *Object Oriented* ai dati in essa contenuti. Ho infatti implementato, per ogni classe presente nell'ontologia, una corrispondente classe Entity Java e un **Controller** che incapsula la logica di lettura scrittura e aggiornamento dei dati nella *SIB*. Questa scelta progettuale si rifà ai principi di Ingegneria del Software *High Cohesion* e *Low Coupling* [2]

3.2 La comunicazione con il City Service

In questa sezione analizzeremo in dettaglio come avviene la comunicazione da e verso il servizio cittadino. Per ogni operazione esiste un protocollo basato su scambi di messaggi la quale struttura è definita attraverso classi

dell'ontologia. Attualmente le uniche operazioni supportate sono la richiesta di prenotazione e la richiesta di ritiro di prenotazione.

Lo scambio dei messaggi è implementato tramite il meccanismo delle **Subscription** messo a disposizione dal SIB. Questo comporta che i messaggi vengono scritti sul *SIB* cittadino il quale manda una notifica al *KP* che era sottoscritto a quella particolare modifica. Questo rende il protocollo di comunicazione asincrono.

3.2.1 Protocollo di richiesta di prenotazione

Qui verranno descritti tutti i passaggi necessari al completamento del protocollo di Richiesta di Prenotazione, in particolare quali messaggi vengono scambiati. Il fine della Prenotazione è avere la certezza che quando andremo a caricarci troveremo l'EVSE libero. Come già detto in precedenza, i tempi di ricarica per i veicoli elettrici possono essere molto lunghi. È quindi necessario dare all'utente la sicurezza che potrà ricaricare il suo veicolo senza il rischio di terminare la batteria.

- 1 Richiesta di Prenotazione:** Quando l'utente necessita di fare una ricarica inserisce una richiesta nel SIB. La richiesta è descritta dalla classe dell'ontologia `ioe:ChargeRequest`.
- 2 Risposta da parte del City Service:** Il servizio cittadino è sottoscritto all'inserimento di nuove istanze di `ioe:ChargeRequest`. Quindi, quando viene inserita la richiesta, arriva una notifica che ne contiene l'URI dal quale si possono ricavare tutti i parametri che la compongono. A questo punto viene creata una lista di opzioni di ricarica conformi alla richiesta dell'utente compatibilmente con la disponibilità degli EVSE. Le opzioni di ricarica sono classi di tipo `ioe:ChargeOption` e vengono inserite dentro a una classe di tipo `ioe:ChargeResponse`.
- 3 Conferma da parte dell'utente:** L'utente che è sottoscritto all'inserimento di nuove istanze della classe `ioe:ChargeResponse` viene notificato quando il *City Service* inserisce la risposta. Le opzioni di ricarica vengono analizzate dall'utente il quale sceglie quella che più si addice alle sue esigenze. La scelta viene notificata al sistema

tramite inserimento di una tripla così formata: `[ioe:chargeOptURI ioe:confirmByUser true]` presupponendo che `ioe:chargeOptURI` sia un'istanza di `ioe:ChargeOption`.

- 4 Conferma da parte del City Service):** Il servizio cittadino è iscritto all'inserimento di triple che come predicato hanno `ioe:confirmByUser` e quindi verifica se l'opzione selezionata è ancora disponibile in tal caso inserisce una tripla siffatta:
`[ioe:chargeOptURI ioe:confirmBySystem true]`.

- 5 Acknowledgment da parte dell'utente:** L'utente riceve la notifica della conferma da parte di *City Service*. Se l'opzione è confermata allora invia una tripla di Acknowledgment `[ioe:userURI ioe:ackByUser true]`. Altrimenti può provare con un'altra opzione e il protocollo riprende dal punto **3**

- 6 Creazione Prenotazione:** Quando il *City Service* riceve l'acknowledgment dall'utente blocca l'EVSE nella finestra di tempo richiesta creando un'istanza della classe `ioe:Reservation`. Inoltre cancella dal SIB tutte le triple necessarie allo svolgimento del protocollo che, una volta terminato, diventano inutili.

3.3 Il Protocollo di rimozione di una prenotazione

Una volta completata la procedura di prenotazione l'EVSE è diventata inagibile nell'orario richiesto dall'utente. Nel caso in cui un utente voglia ritirare la prenotazione deve mandare una richiesta al *City Service*. Attualmente il servizio cittadino rimuove semplicemente dal SIB i dati relativi alla prenotazione rendendo nuovamente disponibile la ricarica. In futuro il servizio potrà stabilire, in base a regole dettate dai gestori della rete elettrica, se accettare o meno la richiesta ed eventualmente accreditare una penale all'utente.

Il Protocollo si basa su cambio di messaggi proprio come nel caso precedente.

1. **Richiesta ritiro Prenotazione:** L'utente inserisce nel SIB cittadino un'istanza della classe `ioe:ReservationRetire`
2. **Ritiro della Prenotazione:** Il *City Service*, che ovviamente era sottoscritto alla creazione di nuove istanze di `ioe:ReservationRetire`, provvede a rimuovere dal SIB le triple relative alla Prenotazione.
3. **Notifica avvenuta cancellazione:** Attualmente l'utente come unico modo per sapere dell'avvenuta cancellazione deve sottoscrivere ai cambiamenti dell'URI della Prenotazione che sta cancellando.

3.4 Implementazione

In questa sezione discuteremo i dettagli implementativi del *City Service*, dalle tecnologie usate alle scelte Architetture. Principalmente il servizio cittadino deve essere altamente performante in quanto, una volta a regime, dovrebbe poter soddisfare le richieste di centinaia di utenti se non migliaia. Contemporaneamente bisogna preoccuparsi del fatto che l'alto parallelismo non intacchi l'integrità dei dati residenti sul SIB cittadino evitando, ad esempio, che due persone che fanno una prenotazione nello stesso momento, nello stesso EVSE, alla stessa ora non riescano entrambe a completare la procedura di prenotazione.

Il servizio è scritto interamente in Java il che lo rende multi piattaforma, facile da debuggare, e soprattutto permette di usare utilità estremamente versatili riguardanti il multi-threading messe a disposizione dal linguaggio. Inoltre permette di accedere alla moltitudine di librerie scritte per questo linguaggio per i più disparati propositi. Tra queste troviamo (log4j), un robusto quanto versatile sistema di logging, che permette di tenere costantemente sotto controllo l'esecuzione del servizio con vari gradi di granularità del log.

Al fine di rendere il servizio più performante possibile sono state adottate tecniche di programmazione quali: pool di oggetti, pool di thread, e caching delle risorse.

3.4.1 Pool Di Oggetti

Per effettuare le connessioni al SIB cittadino è necessario istanziare oggetti di tipo **KpConnector**, inoltre, per effettuare il parsing delle risposte alle sottoscrizioni sono necessari oggetti di tipo **SSAP_XMLTools** che sono forniti dalla libreria **JavaKPI**. Come è stato detto nella sezione 3.4 il *City Service* deve supportare connessioni multiple simultanee, ognuna delle quali dialoga con il SIB. Dal momento che la libreria **JavaKPI** non è thread-safe e nemmeno il wrapper che ho creato io lo è, è necessario istanziare un oggetto **KpConnector** per ogni connessione insieme a uno di tipo **SSAP_XMLTools** per parsare i risultati delle sottoscrizioni.

Per evitare che all'avvio di ogni connessione venisse creato un oggetto **KpConnector**, che comunque è un oggetto pesante, ho deciso di usare la tecnica dei pool di oggetti. La tecnica consiste nel creare un numero sufficienti di oggetti all'inizio dell'applicazione e quando si necessita di usarne uno lo si chiede al pool il quale lo fornisce al tempo di una chiamata a metodo. Una volta terminato di utilizzare l'oggetto lo si restituisce al pool il quale poi potrà a sua volta cederlo ad un altro richiedente. In questo modo si evita che ogni volta che viene fatta una richiesta al *City Service* ci sia il delay necessario a istanziare una connessione con il SIB.

C'è da dire che vista le ottimizzazioni delle moderne *Java Virtual Machine* e del *Garbage Collector* per quanto riguarda gli oggetti con breve durata questa tecnica può rischiare di abbassare le performance anziché aumentarle [11]. Rimane comunque vantaggiosa nel caso di oggetti la quale creazione può essere abbastanza onerosa come per le connessioni ai database o alla rete.

Il cuore di questo sistema è la classe **ObjectPool<T>** ([12]) che troviamo nel package **it.unibo.cityservice.pool** che rappresenta un pool di oggetti di tipo **T**. Questa classe contiene un metodo astratto **createObject()** che va implementato nelle sottoclassi mettendoci dentro la logica di creazione dell'oggetto di cui vogliamo creare il pool.

Nel mio caso ho creato **XmlToolsPool** e **CitySibPool** e a titolo esemplificativo mostrerò l'implementazione del primo:

```
1 public class XmlToolsPool extends ObjectPool<SSAP_XMLTools>{
2
3     public XmlToolsPool(final int minIdle) {
4         super(minIdle);
5     }
6
7     @Override
8     protected SSAP_XMLTools createObject() {
9         return new SSAP_XMLTools();
10    }
11 }
```

Listato 3.1: Implementazione di ObjectPool

Come si può vedere è molto semplice creare un pool per un determinato tipo di dato. Una volta creato il pool, per interagire con esso, si usano i seguenti metodi:

- `public T borrowObject()`: che preleva un oggetto dal pool.
- `public void returnObject(T object)`: che restituisce un oggetto al pool.

3.4.2 Pool Di Thread

Adesso che abbiamo visto come è che cos'è il meccanismo dei pool degli oggetti e perchè è stato utilizzato vediamo invece di capire cosa sono i pool di thread e quali problematiche vanno a risolvere. La creazione di thread può creare problemi in termini di performance (in quanto la creazione e distruzione di questo oggetti è abbastanza onerosa), di controllare il numero del numero dei thread creati e infine di scalabilità ([10]).

Pertanto è necessario ricorrere alle classi del package `java.util.concurrent` che implementano l'interfaccia `Executor`. In questo caso sono state poi utilizzate istanze dell'interfaccia `ExecutorService` che mette a disposizioni metodi volti a controllare il ciclo di vita del pool stesso.

L'inizializzazione degli `ExecutorService` avviene tramite l'invocazione di un metodo statico della classe `Executors` che specifica la dimensione del pool che si vuole creare. Quando invece si vuole assegnare un compito ad

uno dei thread del pool si usa il metodo **execute** che prende in ingresso un istanza dell'interfaccia **Runnable**.

```
1 ExecutorService pool = Executors.newFixedThreadPool(30);
2 pool.execute(new Runnable() {
3     @Override
4     public void run() {
5         System.out.println("hello world");
6     }
7 });
```

Listato 3.2: Creazione Pool di Thread

3.4.3 Il funzionamento del City Service

Come visto nella sezione 3.2 il servizio cittadino deve gestire un gran numero di messaggi a ogni tipologia dei quali corrisponde una sottoscrizione al SIB cittadino. Inoltre per poter rispondere alle richieste degli utenti deve anche avere le informazioni relative a tutti gli EVSE.

Inizializzazione

Il CITY SERVICE all'avvio compie innumerevoli compiti. Contrariamente a quanto avveniva in precedenza, dove i GCP erano codificati nell'ontologia e l'ontologia stessa veniva caricata da un programma esterno, ho deciso di delegare le inizializzazioni al CITY SERVICE col fine di semplificarne lo sviluppo. Infatti in precedenza ad ogni riavvio del servizio era necessario uccidere manualmente il SIB e riavviarlo per avere una situazione di partenza pulita. Il caricamento dell'ontologia avviene tramite una libreria da me sviluppata, *OntologyLoader*, (App. D) che a sua volta si appoggia alle librerie Apache Jena ([5]). In ambito di produzione ovviamente il servizio cittadino non eliminerebbe i dati e nemmeno ricaricherebbe quelli già presenti.

Di seguito una lista dettagliata delle operazioni eseguite dal CITY SERVICE in fase di inizializzazione:

- **Lettura file di configurazione:** Cerca il file di configurazione `cityservice.properties` dal quale carica le informazioni del SIB cittadino, il nome dell'ontologia, il nome del file contenente i GCP.

- **Scrittura Ontologia:** L'ontologia viene scritta nel SIB cittadino
- **Caricamento Informazioni GCP:** Le informazioni di tutte le stazioni di ricarica presenti in città vengono caricate da un file xml. Le stesse informazioni vengono inserite nel SIB al fine di poterle condividere con le altre entità del sistema.
- **Creazione Pool:** Vengono creati i pool di thread e di oggetti.
- **Sottoscrizioni:** Ci si sottoscrive alle informazioni su cui si vuole rimanere aggiornate. Sostanzialmente ci si assicura che arrivino le notifiche per i messaggi descritti nella sezione 3.2:
 1. Creazione di nuove istanze di `ioe:ChargeRequest`
 2. Inserimento di triple contenenti come predicato `ioe:confirmByUser`
 3. Inserimento di triple contenenti come predicato `ioe:ackByUser`
 4. Creazione di nuove istanze di `ioe:ReservationRetire`

Gestione delle richieste

Quando ci si sottoscrive a qualcosa nel SIB oltre a definire a cosa ci vogliamo sottoscrivere dobbiamo anche definire un *handler* che verrà eseguito quando avverrà il cambiamento a cui siamo interessati. Come visto sopra, nella sezione 3.2, di sottoscrizioni ne vengono fatte 4, per ognuna di esse viene definito lo stesso *handler* il quale lancia un thread istanza della classe `RequestDispatcher`. Esso si occupa semplicemente di gestire la richiesta e di eseguire un altro thread, sempre contenuto in un pool, che la soddisfi.

Sessioni Per ottenere un ulteriore incremento di performance è stato introdotto il concetto di sessione. La sessione inizia al quando il *City Service* riceve la richiesta e finisce quando riceve l'acknowledgment. Il fine della sessione è mantenere una cache dei dati che vengono scambiati al fine di risparmiare query SPARQL, che sono assai onerose in termini di performance, e di dare un limite temporale alle sessioni stesse. La classe che si occupa di gestire le sessioni è `SessionManager` mentre la sessione è rappresentata dalla classe `session`.

All'interno della sessione vengono salvate le seguenti informazioni:

- **chargeRequest**: Un istanza dell'entity **ChargeRequest** ricevuta all'utente.
- **chargeResponse**: Un istanza dell'entity **ChargeResponse** inviata all'utente.
- **reservation**: Un istanza dell'entity **Reservation** creata in seguito alla conferma dell'utente.
- **startTime**: Il momento in cui inizia la sessione.
- **endTime**: Il momento in cui finisce la sessione che corrisponde all'arrivo dell'acknowledgment dell'utente.

La classe **SessionManager** possiede un timer che a tempo prefissato lancia un thread che controlla le sessioni attive. Se una delle sessioni è attiva da molto tempo senza essere stata chiusa allora significa che probabilmente c'è stato un problema e quindi vengono rimossi dal SIB tutti i dati relativi alla sessione compresa la prenotazione.

Prenotazioni La gestione delle prenotazioni, una volta che sono state create e confermate dall'utente, è delegata alla classe **ReservationManager**. A suo interno vengono salvate in una cache le istanze di **Reservation** create. Quando arriva una nuova richiesta di prenotazione la verifica della disponibilità viene fatta su questa cache anziché sul SIB. Questo sempre al fine di ridurre gli accessi al database e il successivo parsing delle risposte. Siccome l'uso di questa classe è altamente parallelo, ovvero possono accedervi molti thread contemporaneamente, viene utilizzata una mappa thread-safe messa a disposizione da java **ConcurrentHashMap**. Inoltre le operazioni di verifica di disponibilità delle prenotazioni vengono sono atomiche a livello di EVSE grazie a un lock per ognuno di essi.

Thread Ci sono cinque classi diverse che implementano l'interfaccia **Runnable** ognuna delle quali ha il compito di gestire un determinato aspetto dei protocolli di richiesta. Ovviamente c'è un pool di esecuzione per ognuna di esse.

- **RequestDispatcher**: È il thread che si occupa di smistare le richieste agli altri esecutori, viene eseguito ogni volta che arriva una notifica da una sottoscrizione. La decisione avviene in base all'id della sottoscrizione che viene assegnato in fase di inizializzazione ed immagazzinato all'interno di variabili globali. Il codice di questo del corpo di questo thread è mostrato nel listato 3.3 dove si nota chiaramente l'utilizzo del pool di oggetti e dei pool di thread nonché del **logger**. Questo approccio viene usato anche per gli altri thread con l'aggiunta del reperimento dei **KpConnector** dal relativo pool.
- **ChargeRequestHandler**: Viene eseguito quando un utente inserisce un'istanza di **ioe:ChargeRequest** nel SIB. Dalla sottoscrizione ne ricava l'URI e con l'apposito controller **ChargeRequestController** la trasforma in un Entity java istanza della classe **ChargeRequest**. I passaggi che dalla richiesta elaborano una risposta sono i seguenti:
 1. Controllo di coerenza sulla richiesta. Se la richiesta non è valida allora viene inviata una risposta vuota. Altrimenti si procede con il resto delle operazioni.
 2. Viene creata un'istanza di **Session** gestita dalla classe **SessionManager**.
 3. Scelta dei *GCP* che si trovano nell'area scelta dall'utente tramite la libreria **UniboGeoTools**.
 4. Vengono ciclati tutti gli *EVSE* appartenenti ai *GCP* selezionati.
 5. Per ogni *EVSE* vengono ricavati gli slot di tempo compatibili con la fascia oraria e la quantità di carica richieste dall'utente.
 6. Viene generata la risposta istanza dell'Entity **ChargeResponse**. Al fine di minimizzare lo scambio di dati attraverso la rete soprattutto per non penalizzare i dispositivi mobili, le richieste vengono filtrate. Vengono inviate le opzioni di ricarica provenienti dai 5 *GCP* più vicini e ne vengono scelte al massimo 2 per ogni *EVSE*.
 7. La risposta viene trasformata inserita nel SIB tramite la classe **ChargeResponseController**.

- **ConfirmByUserHandler**: Questo thread viene invocato quando l'utente scaglia un'opzione di ricarica e semplicemente controlla che sia ancora disponibile. In tal caso crea la prenotazione in modo che nessun altro possa usare la colonnina nell'orario richiesto. Da notare che l'istanza di **ChargeOption** viene presa dalla cache contenuta nella sessione anziché tramite query SPARQL e che l'istanza di **Reservation** viene salvata nel gestore di prenotazioni **ReservationManager**.
- **AckByUserHandler**: Viene invocato quando l'utente conferma l'opzione di ricarica. A questo punto il protocollo può considerarsi terminato e quindi vengono eliminate tutte le informazioni ad esso relative dal SIB e la sessione associata. L'unica informazione che rimane è un'istanza di **ioe:Reservation** nel SIB.
- **RetireReservationHandler**: Si occupa semplicemente di eliminare le istanze di **ioe:Reservation** dal SIB e le corrispondenti informazioni nella cache contenuta in **ReservationManager**.

```
1  SSAP_XMLTools xmlTools = xmlToolsPool.borrowObject();
2  String subscriptionID = xmlTools.getSubscriptionID(subscribeResult);
3
4  if (chargeRequestSubId.equals(subscriptionID)) {
5      chargeRequestExecutor.execute(new
6          ChargeRequestHandler(subscribeResult));
7  } else if (confirmByUserSubId.equals(subscriptionID)) {
8      confirmByUserExecutr.execute(new
9          ConfirmByUserHandler(subscribeResult));
10 } else if (ackByUserSubId.equals(subscriptionID)) {
11     ackByUserExecutor.execute(new AckByUserHandler(subscribeResult));
12 } else if (retireReservationSubId.equals(subscriptionID)) {
13     retireReservationExecutor.execute(new
14         RetireReservationHandler(subscribeResult));
15 } else {
16     logger.error("Unexpected subscription id: " + subscriptionID);
17 }
18
19 xmlToolsPool.returnObject(xmlTools);
```

Listato 3.3: Corpo di RequestDispatcher

3.5 Testing

Aspetto fondamentale che ha caratterizzato lo sviluppo del *City Service* è stata l'integrazione con test di unità che ne hanno assicurato la continuità di funzionamento durante le fasi di modifica e sviluppo.

Il framework utilizzato per eseguire il testing è **junit4**, un'ottima libreria Java che tramite il meccanismo delle annotazioni permette di scrivere ed eseguire i test in maniera semplice ed efficace.

I test sono stati determinanti non solo per assicurare la stabilità del codice ma anche per testare le performance del sistema, soprattutto del SIB.

3.5.1 Test Protocolli

Per testare i protocolli ho implementato un thread che svolgesse tutte le operazioni necessarie per completare una richiesta di prenotazione ed il ritiro della stessa. L'incapsulamento della logica del protocollo di richiesta all'interno di un thread permette di fatto l'esecuzione multipla di istanze di quest'ultimo simulando quindi l'interazione di molteplici utenti. La classe delegata a svolgere questo compito è **ioe:ChargeProtocolTest** nel package **it.unibo.ioe.cityservice.chargeprotocol** situato nella cartella di test. All'interno di questa classe si trova una inner-class, **ReservationProtocol** che implementa **Runnable** rendendo quindi possibile la sua esecuzione all'interno di un thread separato.

Per simulare le attese dell'utente è stato usato il meccanismo dei lock. Ogni fase del protocollo ha un suo lock che viene acquisito subito dopo l'invio messaggio (List. 3.4) e viene rilasciato al momento dell'esecuzione l'handler associato alla sottoscrizione della risposta (List. 3.5).

```
1 chargeRequestController.insertChargeRequest(request);
2 synchronized (chargeResponseLock) {
3     try {
4         chargeResponseLock.wait();
5     } catch (InterruptedException ex) {
6         logger.error(ex.getMessage(), ex);
7     }
8 }
```

Listato 3.4: Inserimento della **ChargeRequest** e attesa della risposta

```
1 String subscriptionID = xmlTools.getSubscriptionID(xml);
2 if (chargeResponseSubId.equals(subscriptionID)) {
3     [...]
4     chargeResponsesUri = subscriptionResult.get(0);
5     synchronized (chargeResponseLock) {
6         chargeResponseLock.notify();
7     }
8 }
9 }
```

Listato 3.5: Handler associato al messaggio di risposta

L'opzione di ricarica viene scelta casualmente tra quelle fornite, nel caso in cui venisse confermata dal sistema il thread preleva la corrispondente istanza di **Reservation** creata e controlla che i parametri in essa contenuti siano coerenti con quelli dell'opzione scelta.

Tutti i dati scambiati dal protocollo vengono testati se uno di essi dovesse fallire causerebbe la terminazione del protocollo stesso. A tal proposito **junit** mette a disposizione una serie di funzioni che permettono di fare asserzioni di ogni tipo al fine di validare i dati. Queste funzioni iniziano con il prefisso **assert**, un esempio si può vedere nel listato 3.6.

```
1 response =
    chargeResponseController.findChargeResponse(chargeResponsesUri);
2 assertNotNull(response);
3 assertEquals(request.getUri(), response.getChargeRequestUri());
```

Listato 3.6: Risposta ricavata a partire dall'uri, test del risultato

3.5.2 Valutazione Performance

L'esecuzione di molteplici istanze del protocollo di richiesta è stato determinante al fine di testare le performance del sistema in quanto ha permesso di capire quante richieste contemporanee potessero essere servite e quali fossero i colli di bottiglia. È stato infatti scoperto che arrivati a un certo numero di connessioni simultanee il SIB allunga i tempi di risposta fino a far scattare il **socket-timeout** della libreria JavaKPI, in quanto, come indicato nella Sez. 2.1.1, il SIB comunica con l'esterno tramite protocollo *TCP/IP*. Questa scoperta ha portato a trovare un bug che affliggeva il SIB stesso, il quale, una volta interrotta brutalmente la connessione con il socket di JavaKPI, dava seri problemi di memory-leak come si può ben vedere in Fig. 3.1. L'immagine l'ho presa dal mio computer e l'ho inviata agli sviluppatori di Smart-M3-B per dimostrare il problema. Si nota chiaramente il momento precedente all'uccisione del SIB in cui erano allocati circa 8GB di Ram e 3Gb di Swap. Il problema è stato risolto e la versione attuale (0.901) ne è esente.

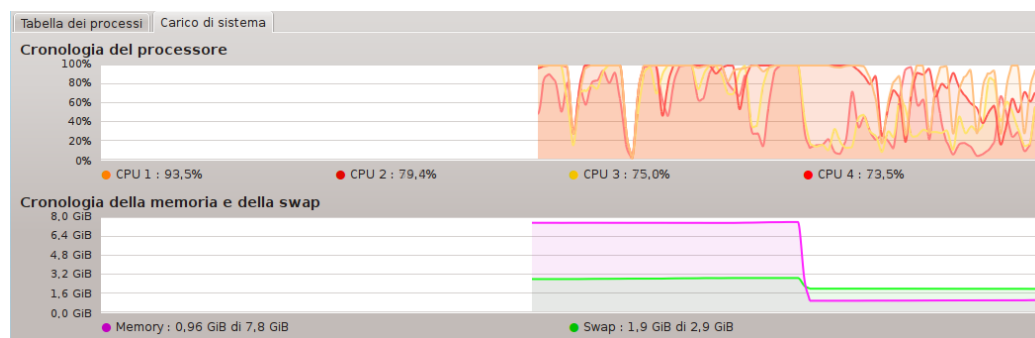


Figura 3.1: Memory Leak del SIB che avveniva quando la connessione viene interrotta da un socket-timeout

La scoperta di questo problema ha portato quindi alla necessità di ottimizzare le performance, è stato quindi deciso di limitare il numero di risposte fornite dal servizio cittadino (Par. 3.4.3) che causa un ingente traffico di dati da e verso il SIB. Altra ottimizzazione che decisa in seguito a queste scoperte è stata quella di trasformare le operazioni di INSERT di triple in query SPARQL, in quanto, grazie all'uso dei prefissi al posto degli URL interi, si

riesce ad ottimizzare notevolmente il volume di dati scambiato, il che porta a notevoli vantaggi durante l'uso nell'applicazione mobile.

Capitolo 4

Applicazione Mobile

In questo capitolo verrà presentato un esempio di applicazione mobile in grado di connettersi al *City Service* e di eseguire le operazioni di prenotazione e ritiro delle ricariche. Il suo scopo è permettere all'utente di interagire con la smart-city al fine di ridurre le problematiche derivanti dall'utilizzo di veicoli elettrici. La comunicazione avviene mediante i protocolli visti nella Sez. 3.2.

Inizialmente era possibile eseguire solo operazioni di prenotazione e cancellazione di ricariche e funzionava unicamente in presenza del simulatore in quanto si prendeva il possesso di un veicolo simulato. Il funzionamento è stato poi ampliato con la possibilità di connettersi tramite Bluetooth a un veicolo reale, opportunità concessa dal *Centro Ricerche Fiat (CRF)*, oppure di connettersi in assenza di veicoli per permettere all'utente di effettuare una ricarica comodamente seduto a casa.

A questo si è aggiunta la possibilità di analizzare il profilo altimetrico che separa il dispositivo mobile da un determinato EVSE con lo scopo di fare previsioni più accurate sui consumi necessari a raggiungerlo.

La piattaforma di sviluppo scelta è *Android* vista la sua grandissima diffusione e versatilità.

4.1 Funzionalità

4.2 Architettura

La piattaforma scelta per lo sviluppo è Android dalla versione *4.0.3* in su. Questo perché vanta maggiori performance e un'interfaccia utente più gradevole e facile da programmare. La libreria di base per interfacciarsi con il SIB è quella esposta nella sezione 2.4.

La comunicazione con il servizio cittadino avviene tramite scambio di messaggi con il *City SIB*, mentre le informazioni relative al veicolo, in particolare modo se quest'ultimo è simulato, arrivano dal *Dash SIB*. È possibile collegare l'applicazione ad un veicolo reale che sia provvisto della tecnologia Blue&Me di Fiat. I dati del profilo altimetrico sono ottenuti tramite una libreria, chiamata *UniboGeoTools*, che ho sviluppato appositamente per l'occasione.

4.2.1 Android

Malgrado Android sia ampiamente conosciuto penso sia necessario spendere qualche parola al fine di introdurre i concetti che stanno alla base della programmazione di applicazioni su questo sistema operativo per poter capire approfonditamente il resto della trattazione.

Android è un sistema operativo basato Linux-based, Open Source, orientato all'utilizzo su dispositivi mobili anche se negli ultimi anni sta prendendo sempre più piede all'interno di smart-tv, dispositivi embedded, mini computer ecc..

La programmazione di applicazioni avviene attraverso una versione ad-hoc del linguaggio Java che, seppur venga eseguita su una virtual machine diversa dalla JVM (Dalvik), ne mantiene quasi tutte le caratteristiche e la libreria di base. Naturalmente oltre alla libreria standard vengono fornite le API che permettono l'interfacciamento con le funzionalità di Android.

Activity

Le Activity sono uno degli elementi centrali della programmazione di applicazioni Android ([7]). In genere un Activity rappresenta una singola schermata della nostra applicazione. Le applicazioni possono definire una o più Activity per trattare diverse fasi del software, e generalmente ognuna di esse corrisponde ad un'azione specifica che può essere eseguita dall'utente.

Ci può essere una sola Activity attiva in un determinato istante, quelle che invece non sono attive possono essere terminate in qualunque momento dal sistema operativo al fine di recuperare memoria, questo comporta che il programmatore debba prevedere per ogni Activity il codice necessario a salvarne lo stato per permetterne il ripristino nel caso sia necessario. Questo comporta, come si può vedere in figura 4.1a, che le Activity di Android abbiano un ciclo di vita abbastanza complesso.

Service

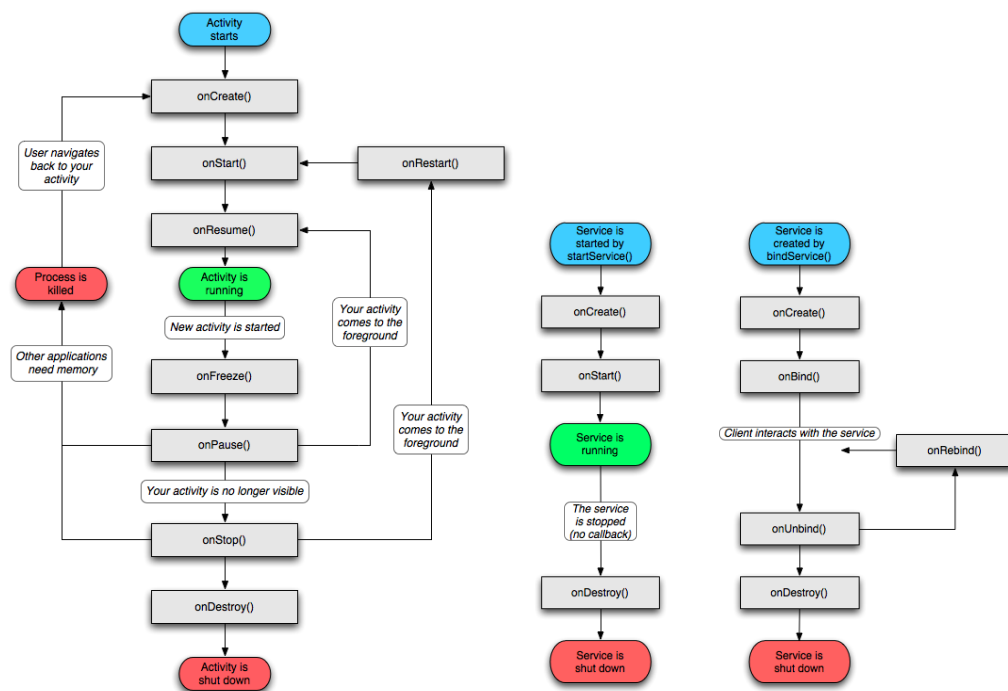
Un Service è un processo che gira in background (un concetto molto simile al daemon in ambiente Unix) e può essere avviato e comandato da Activity o altri Service. La classe Service viene utilizzata per creare componenti software che possono svolgere attività in modo “invisibile”, senza interfaccia utente.

Un Service può trovarsi in due stati([4]):

- **Started:** Un servizio si trova in questo stato quando viene invocato il metodo `startService()`, il servizio gira in background per un tempo indefinito o finché il componente che lo ha invocato non viene distrutto (Fig. 4.1b sinistra).
- **Bounded:** Un servizio si trova in questo stato quando si invoca il metodo `bindService()`. I servizi di questo tipo offrono un'interfaccia per la comunicazione client-server, in questo modo le componenti che invocano il servizio possono interagire con esso. In questo caso il servizio è attivo solo finché le componenti sono associate con esso (Fig. 4.1b destra).

Un Servizio avviato ha una priorità più alta rispetto ad Activity in stato di inattività, in questo modo vi è minore probabilità per un Service di essere terminato dal gestore delle risorse di runtime. L'unica ragione per cui Android potrebbe fermare un Service prematuramente è per fornire risorse aggiuntive al componente software in primo piano (normalmente una Activity).

I servizi vengono avviati nel thread principale del processo, ciò significa che se eseguissero operazioni bloccanti o ad alto consumo di risorse potrebbero portare al blocco dell'intero processo e far generare ad Android un errore del tipo: "Application Not Responding", per evitare questo è bene far gestire il servizio in un thread separato.



(a) Ciclo di vita di un Activity Android (b) Ciclo di vita di un Service Android

Figura 4.1: Ciclo di vita Activity e Service Android

4.2.2 Blue&Me

Il Blue&Me è il risultato di un accordo tra Fiat Auto e Microsoft con l'obiettivo di progettare sistemi telematici innovativi per l'automotive, il sistema è stato presentato nel 2006 ([1]). Basato sulla piattaforma Windows

Embedded Automotive (unione del sistema operativo Windows CE con il middleware Microsoft Auto) è sviluppato da Magneti Marelli (azienda del gruppo FIAT) in collaborazione con Microsoft ([13]).

Blue&Me è un sistema viva voce con tecnologia Bluetooth, riconoscimento vocale, lettore multimediale con presa USB e comandi al volante. Fiat Auto e Microsoft, con il supporto di Magneti Marelli, offrono una piattaforma adattabile alla maggior parte dei telefoni cellulari e lettori musicali. Il sistema si interfaccia al cellulare mediante la tecnologia Bluetooth e permette al guidatore di rispondere al telefono lasciando il telefono in tasca.

La funzionalità del Blue&Me più importante ai nostri scopi è la possibilità di monitorare i parametri del veicolo. Nel nostro caso abbiamo lavorato con un prototipo di Fiat Daily elettrico opportunamente modificato per trasmettere i dati della batteria tramite tecnologia Bluetooth. La connessione è stata possibile grazie a delle librerie fornite dal CRF con tanto di applicazione di esempio.

L'interazione con il Blue&Me è di tipo push ovvero ogniqualvolta che la centralina della macchina si accorge che un dato è variato (secondo una determinata soglia) allora lo "scrive" sull'interfaccia Bluetooth. Il che implica che se dall'altra parte ci deve essere un'applicazione che dedica un processo alla sola lettura delle informazioni che arrivano dal Blue&Me. Fiat, nella libreria fornita, mette a disposizione un Service Android adatto allo scopo.

4.2.3 Operazioni Asincrone

Tutte le operazioni che prevedono l'utilizzo della rete, quindi potenzialmente lunghe, sono eseguite all'interno di un **AsyncTask** ovvero una classe messa a disposizione dalla libreria di base di Android che permette di eseguire operazioni asincrone e contemporaneamente aggiornare l'interfaccia grafica. Questo da un lato permette di avere un'applicazione fluida in quanto l'interfaccia non rimane bloccata in attesa dei risultati e dall'altro evita il verificarsi di errori dovuti al fatto che Android non permette di modificare l'interfaccia da un thread diverso da quello destinato al disegno di quest'ultima.

La maggior parte delle operazioni effettuate tramite rete, quindi nel nostro caso scambio di dati con i SIB, reperisce liste di elementi (veicoli, utenti,

prenotazioni ecc..) che vengono mostrate all'interno di un apposita tipologia di Activity di Android le **ListActivity**.

Al fine di semplificare la programmazione delle Activity che contengono liste i quali elementi sono reperiti tramite la rete, ho creato la classe **ListLoaderTask<T>** che ne facilita il caricamento asincrono.

4.2.4 Profilo Altimetrico e Contributo Energetico

Grazie allo sviluppo di un apposita libreria, UniboGeoTools (App. C) l'applicazione è in grado di prelevare i dati relativi al profilo altimetrico che separa l'utente da una determinata destinazione e quindi fare uno studio sul contributo energetico necessario a vincere il dislivello. Le informazioni riguardo al consumo energetico sono approssimative ma danno comunque un indicazione valida all'utente il quale se vede che l'energia necessaria a vincere il dislivello è maggiore di quella contenuta nella batteria allora saprà per certo che in quel determinato punto non ci potrà arrivare.

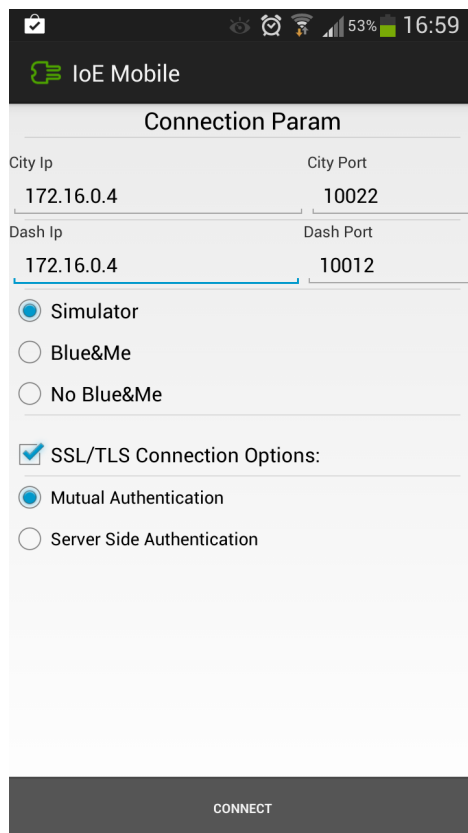
La libreria UniboGeoTools possiede anche funzioni utili a trovare il percorso, in strada, tra due punti. Queste si sono rivelate particolarmente utili al fine di mostrare i percorsi sulla mappa e la distanza precisa che separa l'utente, ad esempio, da una colonnina di ricarica.

4.3 Modalità di esecuzione

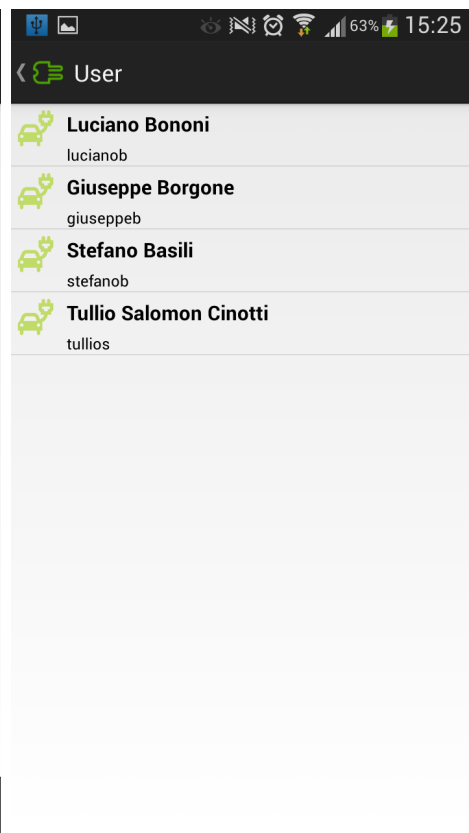
L'applicazione al fine di adattarsi ai diversi scenari possibili offre molteplici modalità di esecuzione, questo per adattarsi a tutti gli scenari possibili. La scelta della modalità di esecuzione avviene nella schermata iniziale come si può vedere in figura 4.2a

4.3.1 Simulazione

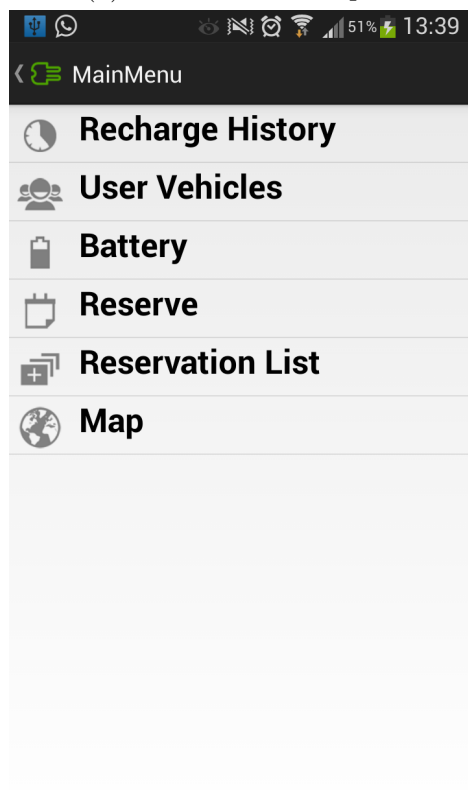
Questa modalità permette di prendere il controllo di un veicolo contenuto nel simulatore, il quale deve essere avviato con un apposito parametro che causa la scrittura dei dati relativi ai veicoli sul *Dash SIB*. Questo implica che una volta premuto sul pulsante *Connect* (Fig. 4.2a), bisogna scegliere Lucia-



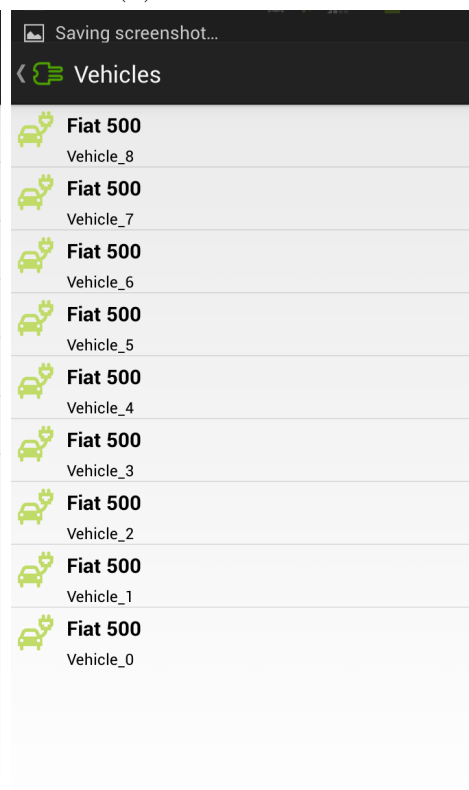
(a) Schermata Principale



(b) Selezione Utente



(c) Menu Principale



(d) Selezione Veicolo

no Bononi in quanto è l'utente di default usato dalle macchine del simulatore (Fig. 4.2b). Da qui in poi l'applicazione non ha molte differenze rispetto alla modalità di esecuzione con Blue&Me se non che le azioni intraprese avranno ripercussioni sul simulatore e non sul mondo reale.

4.3.2 Con Blue&Me

Questa modalità viene usata in un contesto reale e necessita la presenza di un veicolo che possieda la tecnologia Blue&Me di Fiat. Le informazioni relative alla batteria vengono prelevate tramite Bluetooth scritte nel *Dash SIB* per i motivi di interoperabilità spiegati nella Sez. 2.3.2 ovvero dare la possibilità a chiunque di interfacciarsi con l'applicazione mobile a patto di scrivere un adattatore che scriva i dati sulla *Dash SIB*. Le informazioni relative al GPS, siccome non fornite dal veicolo, vengono prelevati dal GPS (o altre fonti) fornito dallo smartphone.

4.3.3 Senza Blue&Me

Questa modalità d'uso è rivolta principalmente a chi vuole svolgere le attività di interazione con il *City Service* senza essere a bordo del proprio veicolo. Questo comporta l'assenza della DASH SIB, infatti quando viene scelta viene disabilitato l'inserimento dei parametri di quest'ultima. Diviene quindi impossibile monitorare i parametri del veicolo e di conseguenza parte del menu principale viene disabilitata. Anche se la *Dash SIB* fosse situata sul cellulare anziché sul veicolo a poco servirebbe in quanto il veicolo sarebbe comunque fuori portata o comunque spento. Si possono comunque svolgere le operazioni di prenotazione e ritiro delle ricariche e tenere monitorato lo stato di quelle già effettuate nonché guardare la mappa con le colonnine.

4.4 Funzionalità

In questa sezione eseguirò un'analisi dettagliata delle funzionalità dell'applicazione. La descrizione cercherà di essere il più possibile funzionalità-centrica e non activity-centrica anche se spesso le due cose coincidono. Que-

sto significa che a partire dalle funzionalità cercherò di introdurre le Activity coinvolte nello svolgimento. Le Activity si trovano nel package `it.unibo.ioe.activities`, nel package `it.unibo.ioe.activities.maps` invece si trovano le Activity destinate alla gestione delle mappe e infine nel package `it.unibo.ioe.services` troviamo i servizi.

4.4.1 Il menu principale

La prima schermata dell'applicazione è quella che permette di scegliere i parametri di connessione ai SIB (Fig. 4.2a) e la modalità di esecuzione. Una volta premuto il tasto *connect* ci troveremo a scegliere l'utente (Fig. 4.2b) a questo punto ci troveremo davanti il menu principale (Fig. 4.2c).

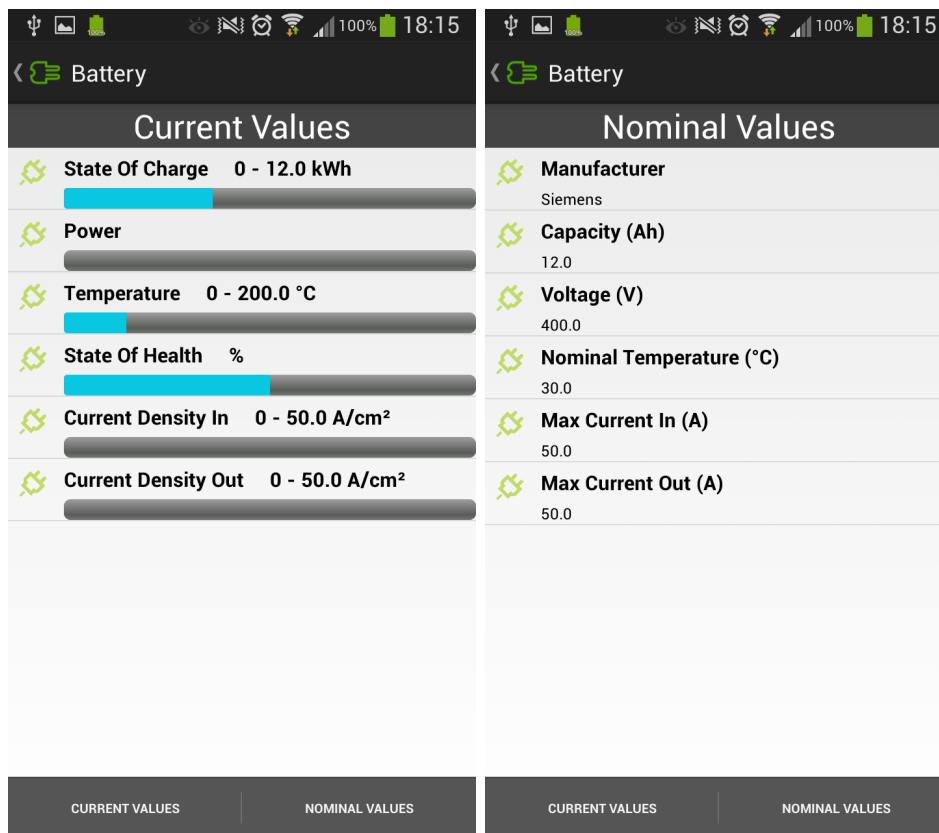
Il menu apparirà con solo due opzioni: *Recharge History* e *Select Vehicle*. Questo perché tutte le altre opzioni sono subordinate al veicolo che si sta utilizzando e quindi non vengono mostrate finché non se ne sceglie uno attraverso l'apposito menu (Fig. 4.2d).

4.4.2 Storia delle ricariche effettuate

In questa schermata (Fig. 4.3c) possiamo tener monitorata la storia delle ricariche effettuate. Questa parte è stata introdotta anche per dimostrare l'interoperabilità del nostro sistema con uno SIB-based sviluppato dalla spagnola AICIA.

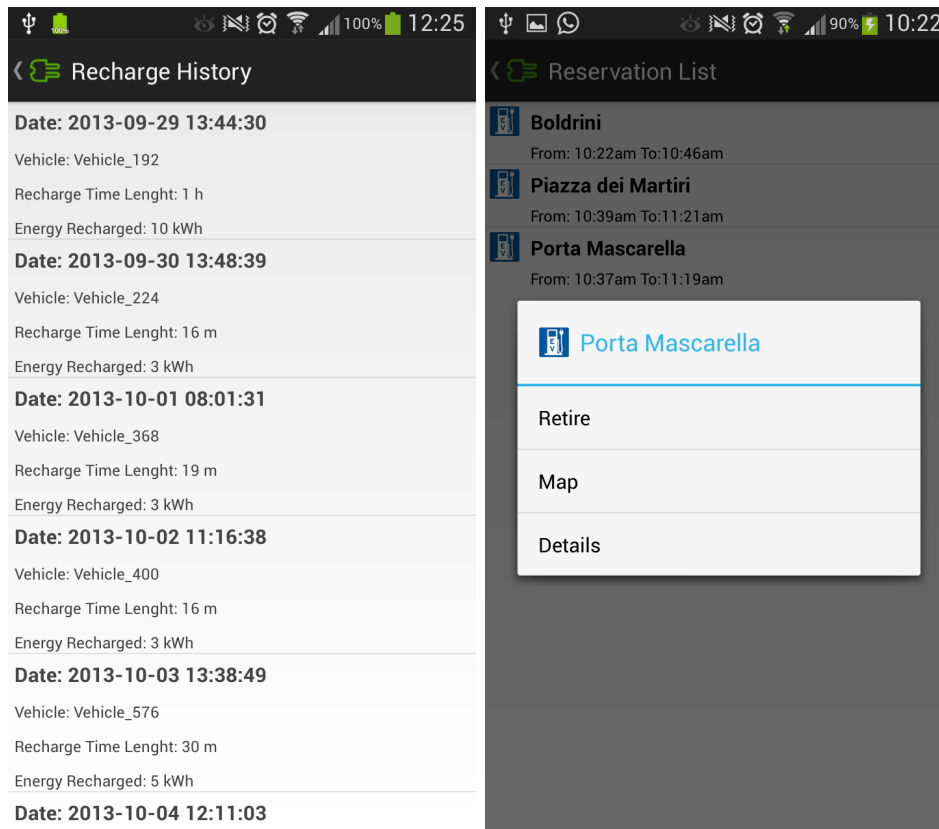
4.4.3 Monitoraggio Parametri Batteria

Dal menu principale si può accedere al monitoraggio dei parametri della batteria attraverso l'opzione *Battery*. Il monitoraggio consente di vedere sia i parametri variabili (Fig. 4.3a) che quelli nominali (Fig. 4.3b). I dati relativi all'intensità di corrente e al voltaggio sono visibili solo se si è connessi a un veicolo reale tramite Blue&Me in quanto il nostro modello di simulazione non li implementa. Mentre i dati nominali sono disponibili in modalità di simulazione ma non in quella reale in quanto queste informazioni non vengono fornite dalla centralina del veicolo.



(a) Dati variabili della batteria

(b) Dati fissi della batteria



(c) Storia Ricariche

(d) Selezione Veicolo

4.4.4 Effettuare una richiesta di prenotazione

Per accedere a questa funzionalità bisogna scegliere dal menu principale l'opzione *Reserve*. Ci troveremo davanti alla schermata che ci permette di impostare i parametri necessari a creare una richiesta di prenotazione (4.4a). Come si può vedere in figura 4.4a io servizio mette a disposizioni svariate opzioni per personalizzare il processo di prenotazione. Essenzialmente in questa schermata viene data una veste grafica al protocollo di richiesta descritto nella sezione 3.2.

Creazione della richiesta

La scelta dell'area dentro la quale cercare le colonnine assume di default la posizione del veicolo come punto centrale, nel caso essa non sia disponibile (modalità *Senza Blue&Me*, Sez. 4.3.3) allora l'utente è costretto a sceglierne dalla mappa. Per accedere alla funzione di scelta del punto si clicca sul pulsante *Map* il quale mostra apre la mappa centrata sulla città in cui ci troviamo e tramite un tocco sullo schermo permette di scegliere il punto di interesse (Fig 4.4b).

Una volta scelto centrata la nostra area di interesse si procede scegliendo il raggio di ricerca. Di default è impostato a 6 e al massimo si può impostare a 15, di più non avrebbe senso visto che in linea di massima si sposta il punto di interesse.

La barra che permette di scegliere la quantità di energia ha come dimensione massima la capacità della batteria. Nell'immagine in Fig. 4.4a abbiamo una batteria con capacità 40kWh e una quantità di energia residua di 12kWh, questo si capisce dal colore rosso del numero a destra della barra che indica che stiamo tentando di acquistare 0kWh. Spostando la barra verso destra andremo a indicare fino a che punto volgiamo ricaricare la batteria, il numero a destra a questo punto diventa nero. Non si può procedere finché non si acquista almeno 1kWh. Nel caso in cui la capacità e la quantità di carica non siano disponibili allora viene data la possibilità di scegliere qualunque quantità di energia, l'utente viene però messo in guardia del fatto che potrebbe acquistare più energia di quella che può contenere la batteria del veicolo.

L'ultimo parametro da impostare è l'intervallo di tempo in cui siamo disposti a ricaricarci. Di default viene proposto un lasso temporale di 3 ore. È possibile variarlo premendo sui pulsanti nel quale è scritta la data i quali mostreranno un calendario e un selettore di orario. Ovviamente sono stati messi dei controlli che impediscono di mettere orari incoerenti come ora di inizio successiva a quella di fine.

A questo punto possiamo inviare la richiesta premendo l'apposito pulsante in alto a destra.

Scelta della risposta

In seguito all'invio della richiesta viene mostrato all'utente un messaggio che invita ad attendere la risposta. Nel caso la richiesta sia fallita allora l'utente viene allertato e rimandato nella schermata di prenotazione con l'invito di cambiare i parametri.

In caso di successo viene mostrata una schermata con tutte le opzioni di ricarica restituite dal servizio cittadino. Come si può vedere in Fig. 4.4c vengono fornite diverse informazioni per ognuna di esse:

- Nome del GCP presso cui avverrà la ricarica.
- Distanza reale dal GCP, calcolata grazie alla libreria UniboGeoTools.
- Orario e prezzo della ricarica.
- Energia stimata per raggiungere la colonnina.
- Dislivello in salita e in discesa.

Le informazioni sul profilo altimetrico ed il contributo energetico vengono mostrate in una schermata a parte accessibile tramite un apposito menu visualizzabile tenendo premuta a lungo un'opzione di ricarica (Fig. 4.4d), questo aspetto verrà approfondito in una sezione a parte (4.4.5).

Viene data inoltre la possibilità di eseguire operazioni di ordinamento delle varie ricariche in base ai parametri sopra elencati ovvero: distanza, prezzo, orario, contributo energetico ecc.. Infine volendo si possono guardare le opzioni di ricarica sulla mappa. Premendo su una di esse viene disegnato il

percorso necessario ad arrivarci con la particolarità che i tratti in salita sono colorati di rosso, quelli in discesa di verde e infine quelli in pianura di grigio. Le caratteristiche della mappa sono comunque approfondite nella Sez. 4.4.6.

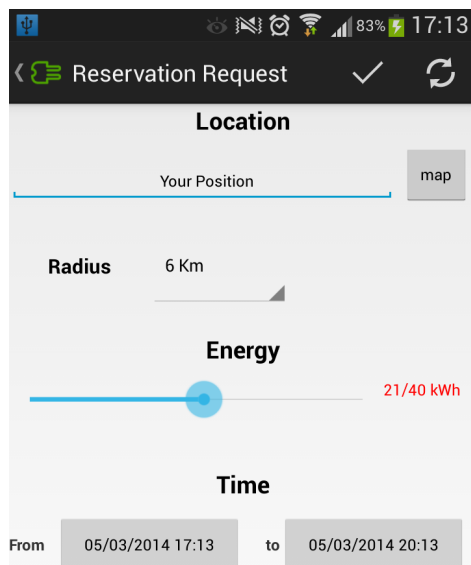
Scegliendo l'opzione di ricarica viene eseguita la parte restante del protocollo, e nel caso in cui sia ancora valida allora verremo mandati alla schermata che presenta le prenotazioni attive per l'utente.

4.4.5 Profilo Altimetrico e Contributo Energetico

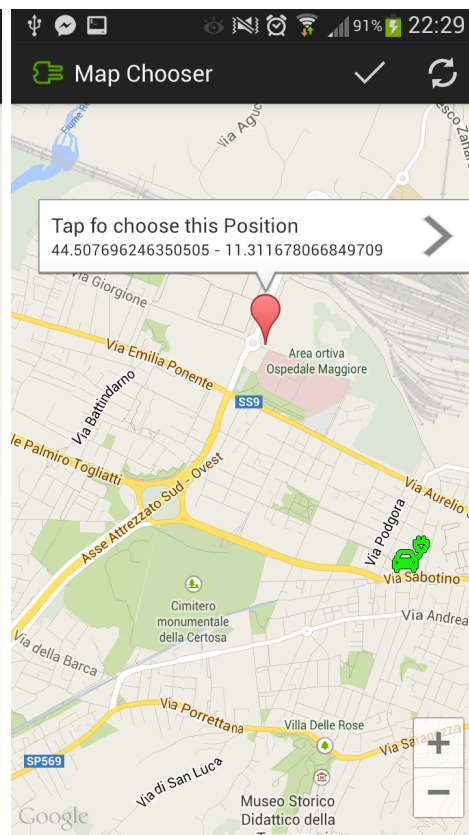
Il profilo altimetrico è una delle feature più innovative introdotte nell'applicazione. Può rivelarsi di fondamentale importanza nelle scelte dell'utente il quale, grazie ad essa, potrà scegliere il percorso migliore al fine di raggiungere la sua destinazione. Come vedremo nella sezione relativa al modello della batteria (5.3), i veicoli elettrici hanno la possibilità di recuperare energia grazie alla frenata rigenerativa e al recupero in discesa. Questo significa che scegliere una strada con molti tratti in discesa può portare un recupero di energia non indifferente.

La libreria UniboGeoTools, usata a questo scopo, permette inoltre di fare delle stime sull'energia necessaria a percorrere un determinato tratto di strada. Queste informazioni sono mostrate nella schermata *Elevation Profile*:

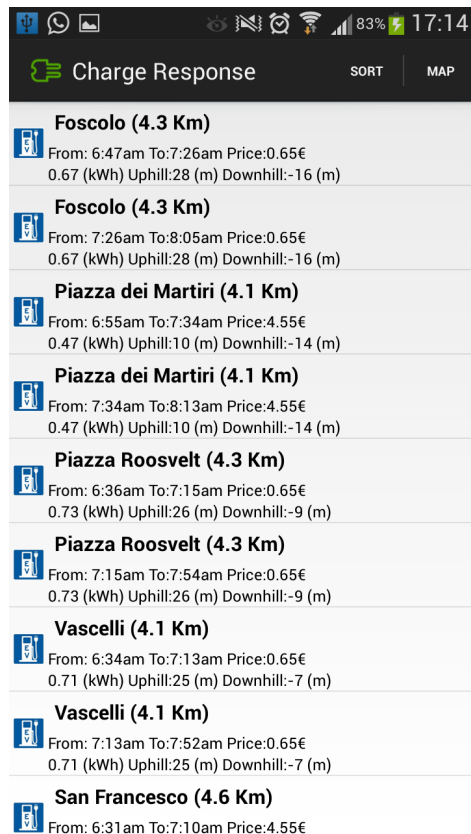
- **Path Altimetry Summary:** Informazioni riassuntive sul viaggio che stiamo per intraprendere. Come si può vedere in Fig. 4.5b, al di là delle informazioni di destinazione, distanza e peso, viene fornita una stima sull'energia totale che impiegherà il veicolo a raggiungere la destinazione, insieme alle informazioni su quanta discesa, salita e pianura compongono il percorso.
- **Cumulative Altimetry Offset:** In questo riquadro vengono fornite informazioni sul dislivello che caratterizza il percorso (Fig. 4.5b).
- **Average Slope:** Fornisce informazioni sulla pendenza media che caratterizza il percorso. Importante in quanto, come detto prima, una pendenza molto elevata può portare ad elevati consumi oppure a un ricavo di energia (Fig. 4.5b).



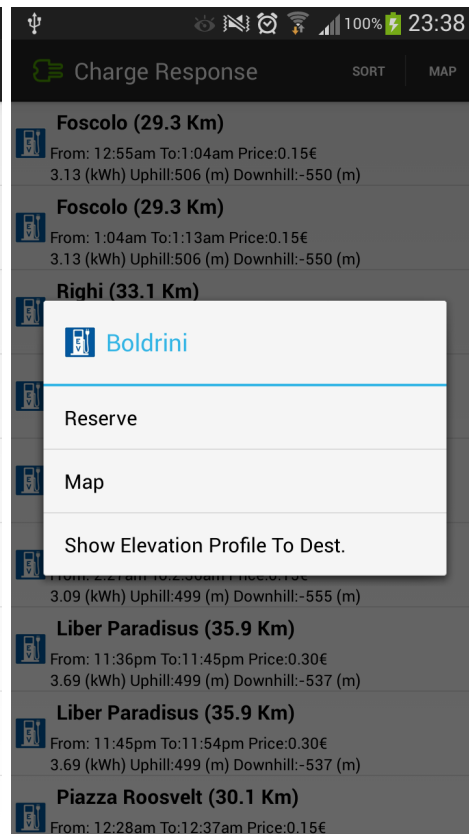
(a) Inserimento Prenotazione



(b) Scelta di un punto nella mappa



(c) Visualizzazione opzioni di ricarica



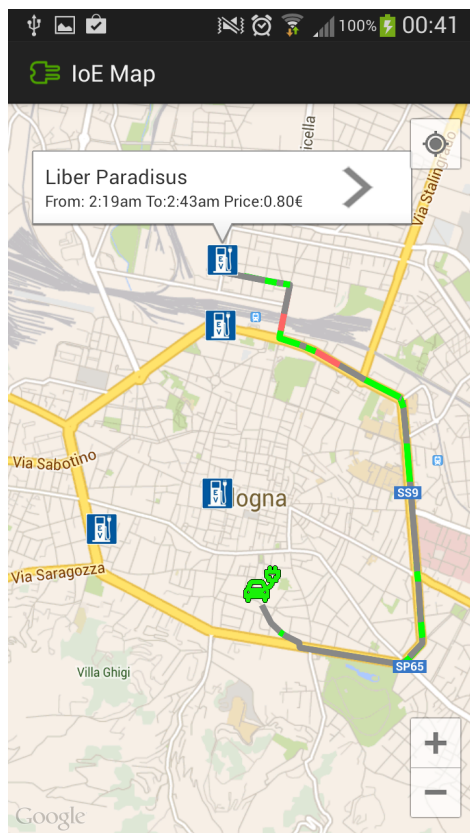
(d) Menu opzioni di ricarica

- **Max Slope:** Fornisce informazioni di massima sulla pendenza del percorso, ovvero la pendenza massimo che troveremo in salita e in discesa (Fig 4.5c).
- **Elevation Dependent Energy Ref:** Informazioni sul contributo energetico impiegato per vincere il dislivello. A tal scopo viene utilizzata l'energia potenziale gravitazionale (Fig 4.5c).
- **Energy Profile for Path Lenght:** Energia impiegata per percorrere il tragitto. Mentre nel caso precedente veniva preso in considerazione unicamente il dislivello qui viene considerata anche la distanza che ci separa dalla destinazione (Fig 4.5c).
- **Altitude Graph:** Grafico che mostra il profilo altimetrico che ci separa dalla destinazione. I tratti in discesa sono in verde mentre quelli in salita in rosso (Fig 4.5d).

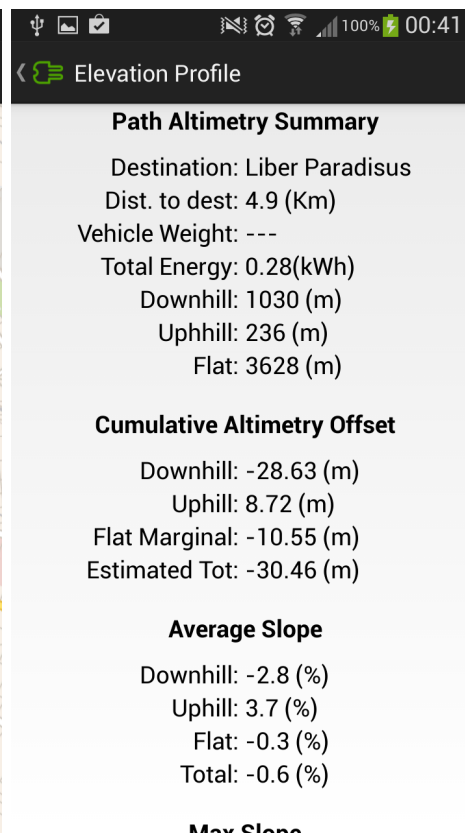
Ulteriori informazioni sul profilo altimetrico vengono date sulla mappa aspetto approfondito nella Sez. 4.4.6.

4.4.6 Mappa

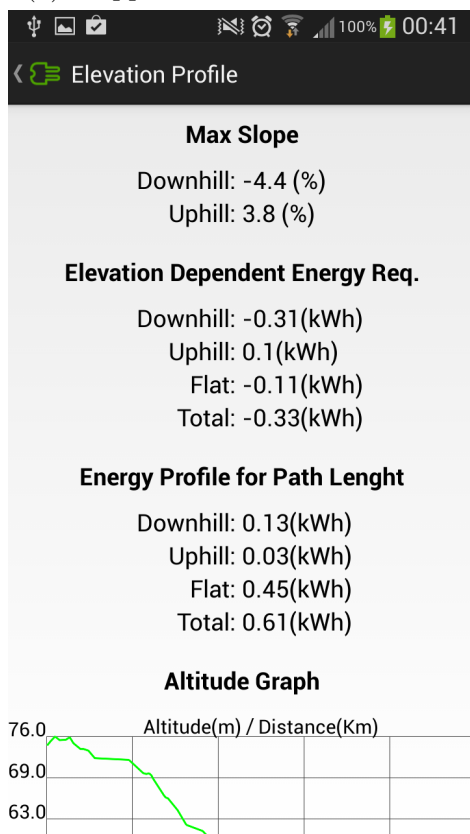
4.5 Activities



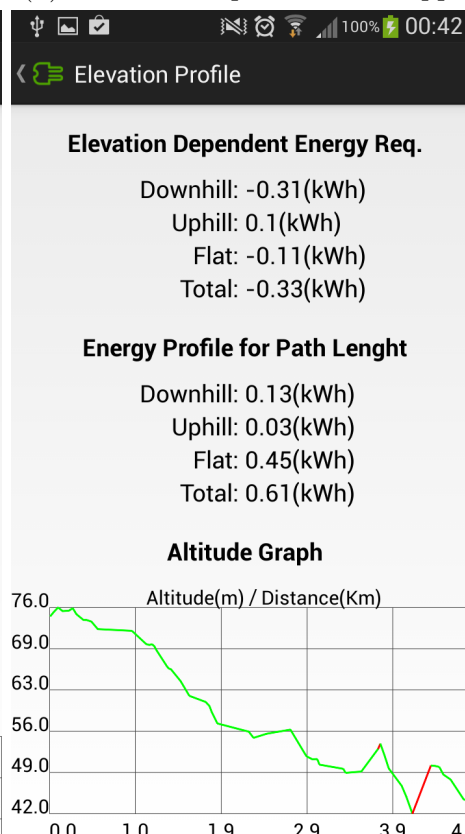
(a) Mappa con Profilo Altimetrico



(b) Scelta di un punto nella mappa



(c) Visualizzazione opzioni di ricarica



(d) Menu opzioni di ricarica

Capitolo 5

Piattaforma di Simulazione

5.1 Architettura

Al fine di poter simulare gli innumerevoli aspetti legati all'Electrical Mobility sono state usate diversi simulatori/tecnologie in simbiosi. In questa sezione verranno introdotte con una breve descrizione. Nelle sezioni successive verranno analizzate dettagliatamente mettendone alla luce gli aspetti utili al nostro fine.

5.1.1 SUMO

SUMO (Simulator of Urban Mobility) è un simulatore Open Source e multi-piattaforma di traffico urbano progettato per simulare reti stradali di grandi dimensioni. Sviluppato in C++ è supportato principalmente dall'Institute of Transportation Systems at the German Aerospace Center. La simulazione è di tipo microscopico ovvero ogni veicolo è modellato in modo esplicito, ha un proprio itinerario e si muove individualmente attraverso la rete. Ogni aspetto relativo alla simulazione viene configurato attraverso file XML i quali descrivono la rete stradale, i parametri ed i percorsi di ogni singolo veicolo, ed eventualmente altri aspetti legati alla simulazione come i flussi di traffico oppure la descrizione degli edifici.

SUMO permette di avviare la simulazione in due modalità:

- **Visuale:** La modalità visuale permette di avere un riscontro visuale l'andamento della simulazione tramite un interfaccia che mostra la mappa della rete/città con vista dall'alto. Vengono mostrati tutti i veicoli ed è possibile accedere a tutti i parametri della simulazione. Vengono mostrati inoltre i semafori agli incroci, la segnaletica delle strade e, nel caso siano stati caricati, gli edifici della città. Tutto questo ovviamente impatta notevolmente sulle performance ma, al di là del gradevole effetto visivo, è utile per vedere come evolve la simulazione. Nel nostro caso, ad esempio, è servito per assicurarsi che i veicoli si fermassero alle colonnine, oppure per valutare la quantità di traffico generata in seguito all'inserimento di un determinato numero di veicoli. Molto utile è stato anche in fase di Demo per mostrare il funzionamento del nostro simulatore.
- **Testuale:** Con la modalità testuale vengono stampati nel terminale i messaggi di Warning ed Error nel terminale e se richiesto anche qualche messaggio di debug in più che indica gli step di avanzamento della simulazione. Dopo aver constatato che la simulazione si comporta come ci si aspetta tramite la modalità visuale si passa allora a questa modalità che ha performance assai maggiori. È quindi particolarmente indicata per le simulazioni di lunga durata.

Tools

I file XML che descrivono le simulazioni possono diventare molto complessi qualora si decida di simulare scenari realistici (come Bologna). SUMO mette a disposizione innumerevoli tool automatici per la generazione dei file di configurazione. In questa tesi prenderemo in esame solo quelli che ci sono stati utili:

- **netconvert:** Genera file con estensione .net.xml della dove viene mappata la rete stradale. La generazione avviene in modo pseudo-casuale, tramite la definizione dei nodi e degli archi che definiscono il grafo della rete stradale oppure, come nel nostro caso, attraverso la conversione da formati esterni (OpenStreetMap, VISUM, VISSIM, OpenDRIVE, MATsim ecc..)

- **polyconvert**: Genera file con estensione .poly.xml dove sono contenute le informazioni relative agli edifici, zone di verde, fiumi laghi ecc.. Anch'esse vengono importate dai file delle mappe in altri formati.
- **duarouter**: Genera file con estensione .rou.xml che descrivono per ogni veicolo il suo percorso, compresi tutti i suoi step intermedi. La generazione dei percorsi avviene applicando un algoritmo di cammino su grafi a scelta tra Dijkstra o A*. I punti di partenza e arrivo vengono generati casualmente da uno script in python messo a disposizione tra i tool di sumo (randomTrips.py).

TRaCI

TraCI (Traffic Controller Interface) è un modulo messo a disposizione da SUMO che permette di interagire con la simulazione in tempo reale tramite un protocollo Client/Server basato su TCP/IP. All'avvio della simulazione SUMO si mette in ascolto su una porta in attesa di messaggi, qualunque linguaggio che supporti il protocollo TCP/IP può dunque modificare lo stato della simulazione oppure ricevere notifiche sul cambiamento di variabili alle quali ci si può sottoscrivere. È proprio TraCI che farà da ponte tra SUMO e l'altro simulatore usato all'interno della nostra piattaforma.

5.1.2 OMNeT++

OMNeT++ è un ambiente OpenSource di simulazione a eventi discreti. È principalmente usato per la simulazione di reti di comunicazione, ma grazie alla sua architettura modulare ed estremamente flessibile è possibile utilizzarlo negli ambiti più disparati come la simulazione di sistemi informatici complessi, architetture hardware o, come nel nostro caso, per supporto alla simulazione veicolare.

Le simulazioni vengono modellate tramite l'impiego di componenti riutilizzabili chiamati *moduli* i quali possono essere combinati tra loro come dei blocchi LEGO.

I moduli possono essere connessi tra di loro attraverso i *gates* e combinati insieme per formare dei moduli composti (compound modules). La

comunicazione tra moduli normalmente avviene tramite message passing e i messaggi possono contenere strutture dati arbitrarie (a parte informazioni predefinite tipo i timestamp). Questi messaggi possono viaggiare attraverso percorsi predefiniti dai gates e dalle connections oppure essere inviati direttamente alla loro destinazione, quest'ultima scelta è molto utile nel caso delle comunicazioni wireless.

I moduli, i relativi parametri e i collegamenti fra loro, vengono definiti tramite un linguaggio di alto livello (NED) in appositi file con estensione .ned, mentre la logica viene implementata in una corrispondente classe C++.

OMNeT++ viene distribuito con un IDE basato su Eclipse grazie al quale possono essere eseguite molte operazioni in modo visuale, come ad esempio la creazione e aggregazione di moduli.

Anche OMNeT++ mette a disposizione due modalità di esecuzione della simulazione una visuale (*Tkenv*) e una testuale (*Cmdenv*). La modalità visuale permette di vedere i moduli con i relativi messaggi che vengono scambiati, viene usata in fase di debug o in fase di Demo. La modalità testuale, ovviamente più performante e adatta alle simulazioni batch, mostra solo i messaggi di debug della simulazione insieme allo standard output dei moduli. Per i nostri scopi abbiamo usato solo la modalità testuale.

Un grande punto di forza di OMNeT++ sono gli strumenti messi a disposizione per l'analisi dei dati generati dalle simulazioni, che permettono di applicare, in tempo reale, trasformazioni e aggregazioni tra i set di dati e, in fine, visualizzare i risultati con varie tipologie di grafici: a barre, a linee, istogrammi e molti altri.

5.1.3 Veins

Veins è un framework OpenSource per la simulazione di reti veicolari IVC (Inter-Vehicular Communication). Utilizza OMNeT++ e SUMO in simbiosi. Si appoggia su MiXiM, un framework per OMNeT++, che implementa modelli per reti wireless fisse e mobili (reti di sensori wireless, reti ad hoc, reercurso, colore, velocità, accelerazione, parcheggio ecc..ti veicolari ecc.). La comunicazione con SUMO avviene tramite TRaCI. Ogni volta che nella simulazione in SUMO viene aggiunto un veicolo Veins crea dinamicamente un

corrispondente modulo OMNeT++ che permette di controllarlo sotto ogni aspetto (ercurso, colore, velocità, accelerazione, parcheggio ecc..).

Il nostro simulatore consiste in un modulo di Veins, il quale è stato opportunamente modificato al fine di avere un ambiente che contiene solo i componenti strettamente necessari allo scopo in quanto le performance sono determinanti al fine di poter avere dei risultati in tempi utili. Infatti sono stati rimossi da Veins i moduli necessari alla comunicazione wireless (nic80211 e ARP), il modulo per la gestione degli ostacoli (obstacles) che era utilizzato per la gestione dello shadowing delle reti wireless

5.2 L'ambiente di simulazione

In questa sezione verranno descritti in dettaglio i componenti del simulatore, da noi creati, ovvero i moduli di OMNeT++, gli script per generare i file di configurazione di SUMO e gli script per lanciare le simulazioni batch.

La logica del simulatore è implementata attraverso moduli di OMNeT++. Grazie ad essi sono implementati, i modelli di consumo dei veicoli elettrici, i comportamenti degli autisti e la rete di distribuzione elettrica cittadina. L'unico aspetto non implementato è la guida dei veicoli in quanto è gestita da SUMO.

I file di configurazione di SUMO sono generati da script che in base ai parametri specificati possono variare l'intensità del traffico.

5.2.1 Generazione file di Configurazione

Dopo aver scaricato compilato ed installato tutti i componenti è necessario generare i file di configurazione riguardanti lo scenario che si vuole simulare.

5.2.2 Download Scenario

A questo punto è necessario scegliere quale scenario si vuole simulare. Lo scenario di Bologna è già disponibile nella cartella `simulator/veins-2.1/examples/veins/bologna` siccome è quello di nostro interesse.

Nel caso in cui si sia interessati ad uno scenario diverso da quello di Bologna il modo più semplice per ottenere la mappa desiderata è andare all'indirizzo <http://www.openstreetmap.org/export> e scaricarsi l'area interessata. La dimensione delle mappe scaricabili è limitata onde evitare la saturazione della banda del server. Per sopperire a questa mancanza SUMO mette a disposizione un tool situato in `<SUMO_HOME>/tools/import/osm/osmGet.py` che permette di scaricare mappe di dimensione arbitraria. Per l'utilizzo di questo tool rimando alla documentazione dello script oppure alla pagine ufficiale:

<http://sumo-sim.org/userdoc/Networks/Import/OpenStreetMapDownload.html>.

Profilo Altimetrico

Da notare che le mappe di Open Street Map non contengono le informazioni relative al profilo altimetrico. È quindi necessario arricchire la mappa scaricata con tali informazioni. Il programma utilizzato a questo scopo è Osmosis, presente nella cartella `osmosis` del progetto. In particolare ho usato `osmosis-srtm-plugin_1.1.0` che permette, attraverso l'interrogazione di file SRTM (scaricabili da http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/), di inserire i dati del profilo altimetrico nelle mappe di Open Street Map.

Di seguito viene mostrato l'utilizzo del Osmosis e del relativo plugin considerando `$SRTM_HOME` la cartelle che contiene i file SRTM e `$CITY_NAME` il nome della città. Quindi avendo, ad esempio, `bologna.osm`, ovvero la mappa della città di Bologna senza dati riguardanti il profilo altimetrico, in output avremo `bologna_srtm.osm`, ovvero la stessa mappa con i dati estratti dai file SRTM.

```
1 osmosis -plugin org.srtmplugin.osm.osmosis.SrtmPlugin_loader --read-xml  
   "\$CITY_NAME".osm --write-srtm locDir="\$SRTM_HOME" locOnly=true  
   repExisting=false --write-xml "\$CITY_NAME"_srtm.osm
```

Da tenere in considerazione il fatto che il comando mostrato è incluso nello script di generazione automatica da me creato al fine di velocizzare la configurazione dello scenario.

5.2.3 Generazione XML di SUMO

SUMO necessita di file di configurazione in XML che descrivono la rete stradale, i poligoni dei palazzi e i percorsi di ogni singolo veicolo. Siccome ognuno di questi file, per essere generato, richiede un apposito comando il quale a sua volta richiede vari parametri, ho creato uno script che data la mappa di una città in formato Open Street Map esegue tutte le operazioni necessarie.

Verranno comunque analizzati tutti i comandi singolarmente in modo da avere una panoramica sulle scelte implementative.

La rete Stradale (.net.xml)

Il file della rete stradale viene generato attraverso il tool **netconvert** direttamente dalla mappa di Open Street Map. Oltre al file **.osm** è necessario anche un file di supporto che istruisca SUMO sui vincoli e i limiti di velocità delle strade importate. Noi ne utilizziamo uno creato ad hoc per il traffico tedesco.

Qui sotto ne riporto un frammento a puro titolo esemplificativo, il file intero si trova in **simulator/veins-2.1/examples/veins/bologna/osm-urban-de.typ.xml**

```
1 <types xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
2   <type id="highway.motorway" priority="13" numLanes="2" speed="41.667"
3       oneway="true" disallow="bicycle_pedestrian"/>
4   <type id="highway.motorway_link" priority="8" numLanes="1"
5       speed="13.889"/>
6   <type id="highway.trunk" priority="12" numLanes="2" speed="13.889"/>
7   <type id="highway.trunk_link" priority="8" numLanes="1"
8       speed="13.889"/>
9   <type id="highway.primary" priority="11" numLanes="2" speed="13.889"/>
10  <type id="highway.primary_link" priority="8" numLanes="1"
11      speed="13.889"/>
12  <type id="highway.secondary" priority="10" numLanes="2"
13      speed="13.889"/>
14  ....
15 </types>
```

Di seguito passiamo ad un'analisi dettagliata di tutti i parametri passati a **netconvert**:

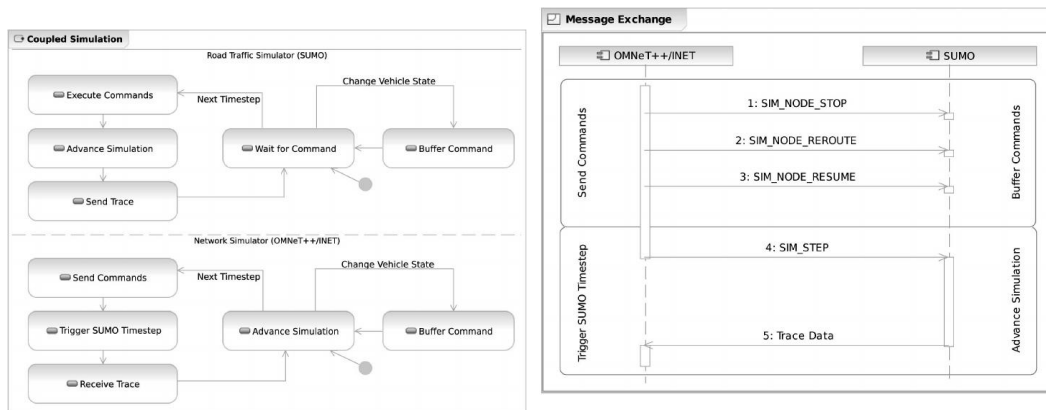
- **--type-files:** Specifica il file che contiene i vincoli e i limiti, quello citato sopra.
- **--ramps.guess:** Prova a capire dove sono le rampe e ad eseguirne l'importazione
- **--remove-edges.by-vclass:** Siccome Open Street Map include un'infinità informazioni del tutto inutili al nostro fine (ferrovie, piste ciclabili, aree pedonali ecc..) con questo parametro si indicano le classi da non importare (`bicycle,pedestrian...`)
- **--geometry.remove:**
- **--remove-edges.isolated:**
- **--tls.join:**
- **--osm-files:**
- **--output.street-names:**
- **--output.original-names:**
- **--output-file:**

Siccome Open Street Map include molte informazioni che sono del tutto inutili al nostro fine (ferrovie, piste ciclabili, aree pedonali ecc..) bisogna istruire `netconvert` affinché le escluda dall'importazione.

5.2.4 Il funzionamento di Veins

Veins è il ponte tra OMNeT++ e SUMO e la comunicazione tra i due avviene tramite TraCI. In realtà in mezzo ai due simulatori si trova uno script python, `sumo-launchd.py`, che sta in ascolto sulla prima porta libera che trova, in attesa che venga avviato Veins. Quando Veins viene avviato si connette a questo script il quale lancia SUMO, a questo punto inizia la sincronizzazione tra i due simulatori che avviene tramite staffetta come mostrato in Fig. 5.1a. Per garantire l'esecuzione sincrona a intervalli definiti Veins inserisce in un buffer tutti i comandi da inviare a SUMO (Fig. 5.1b).

Ad ogni passo temporale, i comandi contenuti nel buffer vengono inviati. Ciò innesca l'avanzamento del corrispondente passo temporale nella simulazione del traffico stradale. Al termine dello step temporale di simulazione del traffico stradale, SUMO invia una serie di comandi con lo stato e la posizione di tutti i veicoli istanziati in risposta a Veins. Dopo l'elaborazione di tutti i comandi ricevuti Veins aggiunge i corrispettivi nodi per ogni nuovo veicolo introdotto nella simulazione e rimuove invece i nodi relativi ai veicoli che sono giunti a destinazione. A questo punto la simulazione può avanzare al prossimo step temporale.



(a) Panoramica dei due simulatori abbinati. Macchina a stati di SUMO e i moduli di Veins.

(b) Diagramma di sequenza dei messaggi scambiati tra SUMO e Veins. L'esecuzione dei comandi è ritardata fino al successivo passo temporale in SUMO.

Figura 5.1: Architettura Veins

5.3 Il Modello della Batteria

5.4 I Moduli

Car

(Fig: 5.2).

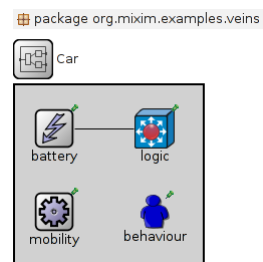


Figura 5.2: Modulo Car

5.4.1 CarLogic

CarLogic è il modulo che implementa la logica di ogni veicolo gestito dal simulatore attraverso un automa a stati finiti.

userName

Nome completo dell'utente che possiede il veicolo

userId

Username dell'utente che possiede il veicolo

manufacturer

Fabbricante

model

Modello

cRoll

Attrito di qualcosa

cDrag

Attrito di qualcos altro

across

Attrito di qualcos altro ancora

rhoAir

Attrito dell'aria

weight

Peso del veicolo

threshold

Soglia sotto la quale il veicolo richiede la ricarica . . .

5.4.2 Battery

5.4.3 CityService

5.5 parametri no scrittura sb

Appendice A

Installazione Ambiente

A.1 Installazione

Per far interagire tutti gli elementi necessari alla simulazione è necessario installare numerosi framework e librerie. In questa sezione verrà data una guida il più esaustiva possibile per installare e configurare un ambiente funzionante. Verranno inoltre forniti i link specifici per l'installazione di ogni componente qualora insorgano delle problematiche.

Il procedimento di installazione è testato e funzionante su Debian 7 Wheezy (con versioni precedenti potrebbero esserci problemi con le versioni delle librerie) e Ubuntu dalla versione *12.10* alla *13.10*. È stato anche possibile completare l'installazione su MacOSX ma non essendone occupato personalmente non posso assicurare nulla al riguardo.

A.1.1 Installazioni preliminari

Questi sono i pacchetti che vanno installati su Debian 7 al fine di installare tutti i componenti successivi. Non è sicuro che siano gli unici necessari. È probabile che lo stesso comando vada bene anche per Ubuntu.

```
1 sudo apt-get install bison flex build-essential zlib1g-dev tk8.4-dev  
    blt-dev libxml2-dev libpcap0.8-dev autoconf automake libtool  
    libxerces-c2-dev libproj-dev libproj0 libfox-1.6-dev libgdallh  
    libboost-dev
```

A.1.2 OMNeT++

Al momento di scrivere questo documento la versione usata per il progetto è la 4.4 ma in generale le versioni dalla 4.2 in su dovrebbero andare bene. Questo è il link per la versione 4.4 http://www.omnetpp.org/omnetpp/cat_view/17-downloads/1-omnet-releases. Dopo aver scaricato il tar.gz lo si estragga e si proceda con l'installazione:

```
1 ./configure
2 make
3 bin/omnetpp
```

Durante l'installazione verrà detto di inserire alcune variabili d'ambiente nel file `.bashrc` non dimenticarsi di eseguire queste direttive.

In Ubuntu 13.10 si può assistere a un bug che determina la sparizione dei menu di OMNeT++, per risolverlo è necessario impostare la seguente variabile d'ambiente nel file `~/.bashrc`:

```
1 export UBUNTU_MENUPROXY=0
```

per maggiori informazioni guardare questa discussione su StackOverflow <http://stackoverflow.com/questions/19452390/eclipse-menus-dont-show-up-after-upgrading-to-ubuntu-13-10>

A.1.3 SUMO

Seppur SUMO sia disponibile tra i pacchetti di Debian/Ubuntu è necessario comunque scaricare i sorgenti tramite SVN di una versione successiva alla *15340* e compilarli. Questo perchè la versione attualmente disponibile tramite il gestore di pacchetti, ovvero la *0.19.0*, non supporta l'importazione nelle mappe (i file `.net.xml`) dei dati del profilo altimetrico, fondamentali per avere un modello di consumo energetico del veicolo realistico.

Quindi i comandi necessari, presupponendo di avere Subversion installato, sono:

```
1 svn co https://sumo.svn.sourceforge.net/svnroot/sumo/trunk/sumo
2 make -f Makefile.cvs
3 ./configure
4 make
5 sudo make install
```


Per una trattazione più completa dell'installazione rimando il sito ufficiale http://sourceforge.net/apps/mediawiki/sumo/index.php?title=Installing/Linux_Build

A.1.4 SMART-M3

La tecnologia Smart-M3 forisce la SIB, ovvero il database semantico usato per lo scambio di informazioni tra i vari componenti del sistema. Noi utilizzeremo nello specifico la RedSIB sviluppata da ARCES e basata su un progetto di Nokia (Nokia C Smart M3). La versione supportata dal nostro ambiente è la 0.9 ma anche le successive dovrebbero andare bene. Il link per il download è questo: http://sourceforge.net/projects/smart-m3/files/Smart-M3-RedSIB_0.9/. Una volta estratto il tar.gz al suo interno troveremo sia i sorgenti che i pacchetti per Debian. Nel caso si intenda compilare i sorgenti rimando alle istruzioni contenute all'interno del pacchetto. Qui ci limiteremo a installare i deb attraverso gli script forniti:

```
1 sudo ./install.sh      #per architetture x86
2 sudo ./install_x64.sh #per architetture amd64
```

All'interno del pacchetto viene data la possibilità di utilizzare Virtuoso come database RDF ma, seppur probabilmente sia più performante, non lo utilizzeremo in quanto è una feature introdotta recentemente e quindi non abbastanza testata.

A.1.5 KPI_Low

La libreria KPI_Low è un API scritta in C che, attraverso il protocollo SSAP, permette di interfacciarsi alla SIB. È stata scritta da Jussi Kijander, un ricercatore del VTT Technical Research Centre of Finland, e successivamente modificata da Federico Montori di UNIBO per aggiungerle il supporto alle query SPARQL. Io l'ho modificata al fine di rimuovere dei Memory Leak trovati grazie al tool Valgrind. In quanto la versione della libreria non è quella originale è necessario usare la nostra versione che si trova nella cartella `kpi_low_mod` nella root del progetto. Le KPI_Low necessitano della libreria SCEW per il parsing XML, la quale non si trova

nei repository di Debian/Ubuntu, è quindi necessario scaricarla dal seguente indirizzo <http://nongnu.askapache.com/scew/scew-1.1.3.tar.gz> e compilarla. Una volta scaricata estrarla e spostarsi nella cartella estratta:

```
1 ./configure
2 make
3 sudo make install
```

Adesso possiamo procedere con l'installazione delle KPI_Low, spostarsi dunque nella cartella `kpi_low_mod`:

```
1 ./autogen.sh
2 ./configure
3 make
4 sudo make install
```

per istruzioni più dettagliate guardare il documento `kpi_low_mod/KPI_Low.pdf`

A.1.6 Importare il progetto in OMNeT++

Adesso che abbiamo predisposto l'ambiente possiamo procedere con l'importazione in OMNeT++ del simulatore e con la compilazione. Apriamo OMNeT++, se è il primo avvio ci chiederà che Workspace usare proponendocene uno predefinito, in tal caso noi scegliamo la cartella **simulator** all'interno della root del progetto. Probabilmente verrà chiesto anche se si vuole abilitare il supporto ai framework MiXiM e INET e se si vogliono importare i progetti di esempio, in entrambi i casi diciamo di no. Nel caso in cui il workspace fosse già impostato allora andiamo su **File -> Switch Workspace -> Other...** e selezioniamo la cartella **simulator** nella root del progetto proprio come sopra. Se a seguito della selezione del workspace **simulator** la scheda dei progetti rimane vuota allora andiamo su **File -> Import... -> General/Existing Project into Workspace -> Next** e come root directory scegliamo **simulator**, dovremmo vedere il progetto **veins-2.1** nel riquadro **Projects**, lo selezioniamo e clicchiamo su **Finish**.

A questo punto non rimane che compilare il progetto. La compilazione può avvenire in due modalità:

- **gcc-debug:** Compila includendo le informazioni di debug rendendo possibile l'utilizzo di **gdb** per analizzare il funzionamento del programma. OMNeT++ mette a disposizione un front-end visuale per **gdb** che permette di inserire breakpoint nel sorgente ed eseguire l'avanzamento step a step. Inoltre permette di visualizzare il contenuto delle variabili durante l'esecuzione semplicemente spostando il cursore sulla variabile interessata nel riquadro dei sorgenti. Queste funzionalità sono da prendere seriamente in considerazione qualora, a seguito di modifiche, la simulazione dovesse fallire.
- **gcc-release:** Compila non includendo le informazioni di debug e applicando le ottimizzazioni previste dal compilatore **gcc** con il flag **-O2**. Ovviamente questa configurazione è più performante della precedente e andrebbe usata quando, una volta ritenuto stabile il codice, si vogliono eseguire simulazioni batch.

Il cambio di modalità di compilazione si può effettuare tramite: **Tasto DX**
su **veins-2.1 -> Build Configurations -> Set Active -> gcc-debug/gcc-release**.
I file che fanno parte del simulatore si trovano sotto la directory **simulator/veins-2.1/example**

Appendice B

Vista al Centro Ricerche Fiat

B. Vista al Centro Ricerche Fiat

Appendice C

UniboGeoTools

Libreria java sviluppata per motivi strani

Appendice D

OntologyLoader

Riferimenti bibliografici

Manuali cartacei

- [1] Tarik Al-Ani. «Android In-Vehicle Infotainment System (AIVI)». Tesi di dott. University of Otago, 2012.
- [2] Luca Cabibbo Craig Larman. *Applicare UML e i pattern: analisi e progettazione orientata agli oggetti*. Pearson Italia S.p.a, 2005.
- [3] Alfredo D’Elia et al. *A semantic event processing engine supporting information level interoperability in ambient intelligence*. online. 2013. URL: <http://amsacta.unibo.it/3877/>.
- [6] Jukka Honkola et al. «Smart-M3 Information Sharing Platform». In: *Trans. of the IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)* (2010).
- [8] Federico Montori. *Design and evaluation of an experimental platform about Internet of Energy for Electrical Vehicles*. online. 2012. URL: <http://amslaurea.unibo.it/3900/>.
- [9] E. Ovaska e A .Toninelli T.S. Cinotti. «The Design Principles and Practices of Interoperable Smart Spaces». In: *Advanced Design Approaches to Emerging Software Systems* (2011).
- [10] Luca Vetti Tagliati. *Java quality programming. I migliori consigli per scrivere codice di qualità*. Tecniche Nuove, 2008.

Siti Web consultati

- [4] Emanuele Dinaro. *Android – Services*. 2012. URL: <http://emanueldinardo.com/wp/android-services/>.

- [5] Apache Foundation. *Apache Jena*. 2011. URL: <https://jena.apache.org/>.
- [7] Marco Lecce. *Guida Android*. 2011. URL: <http://www.html.it/guide/guida-android/>.
- [11] Péter Török. *Is object pooling a deprecated technique?* 2011. URL: <http://programmers.stackexchange.com/questions/115163/is-object-pooling-a-deprecated-technique>.
- [12] Oleg Varaksin. *Simple and lightweight pool implementation*. 2013. URL: <http://www.javacodegeeks.com/2013/08/simple-and-lightweight-pool-implementation.html>.
- [13] Wikipedia. *Blue&Me*. 2010. URL: <http://it.wikipedia.org/wiki/Blue%5C&%7B%7DMe>.