Alma Mater Studiorum · Università di Bologna

facoltà di scienze matematiche, fisiche e naturali
Corso di Laurea Triennale in Informatica

IoE
Internet of Energy

Tesi di Laurea in Laboratorio di Applicazioni Mobili

Relatore:
Chiar.mo Prof.
LUCIANO BONONI

Presentata da:
SIMONE RONDELLI

Sessione (che cazzo ne so?)
Anno Accademico

Sommario

Abstract LaTeX.

Indice

Capitolo 1

Introduzione

1.1 Smart Cities

Citta 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 Automobilistice. 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 influsce 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 uno 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'efficenza delle suluzioni 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 create al fine di riprodurre in modo realistico le dinamiche di carica e scarica della batteria. Tuttavia nessuno di questo 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 elettrca 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 lacuna, sviluppando hardware, software e sistemi middleware che forniranno un infrastruttura di comunicazione interpolabile 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 gi 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 piu 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 da la possibilita 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 abiamo creato una piattaforma di simulazione integrata che permette di valutare su larga scala l'impatto della EM. Diversamente ad altri tool gia presenti il nostro framework permette di studiare il comportamento degli EV, con relativo modello di carica e scariaca della batteria, insieme all'interazione di essi con la samrt grid attraverso gli EVSE. A questo proposito sono stati usati doversi 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'ambiante 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. Cosi 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 funzionate, 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 architetturali 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 ([5]) 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 ([2]). Smart-M3 è la sua prima implementazione Open Source, proposta da SOFIA, un Progetto Europeo

(2009-11), appartenente al framework 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.

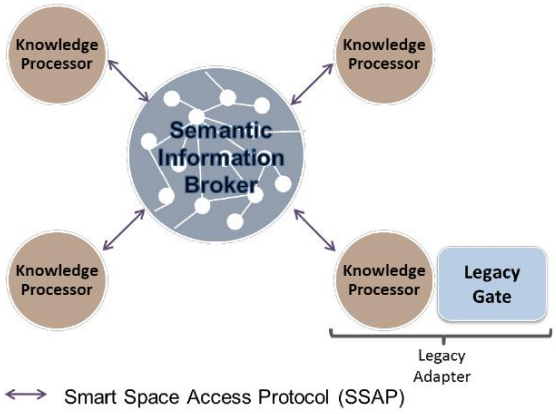


Figura 2.1: Architettura Smart-M3

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 ([3]) 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.

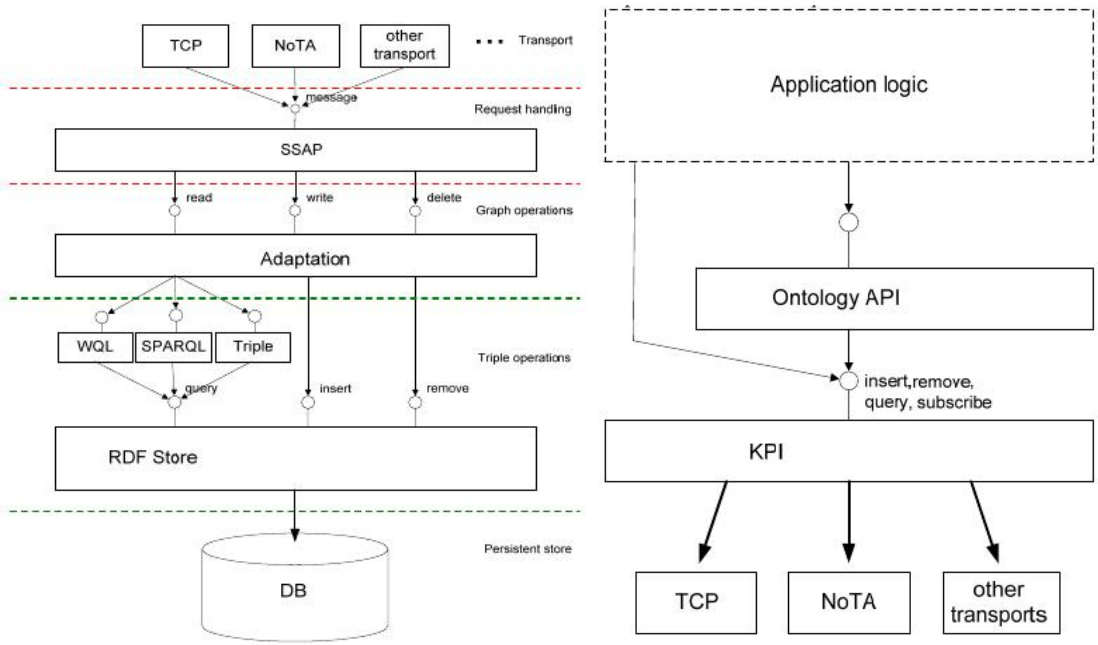
4. **Triple Operations**: A questo livello vengono gestite le operazioni SPARQL, WQL e le query basate su pattern-matching di triple RDF. Attualmente è implementato tramite Piglet, un database RDF che si appoggia ad SQL lite per la persistenza delle informazioni. Questo strato può essere tranquillamente 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**: Quetso 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 co-

mune. 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 accetare 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* ([4]).

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 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 3.1.1 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. Quellla 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);

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 i 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 da 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 inserte 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 un unica lista di prenotazioni associata.

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 è 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 (℃). 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 GPSData.

GPSData: 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 futiri 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.

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 la 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 considerazioni 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 esposte 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 sopratutto 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.

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*, nonchè un approccio *Object Oriented* ai dati in essa contenuti. Ho infatti implementato, per ogni classe presente nell'ontologia, una corrispettiva 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* [1]

3.1.1 La libreria IoE

Questa libreria implementa la logica applicativa ovvero il nucleo operativo del nostro strato di servizi. Viene infatti sfruttata sia dal *City Service* che dall'applicazione mobile. Viene inoltre utilizzato da un visualizzatore di ricariche, nato da un progetto parallelo al mio, del quale sviluppo si è occupata una ragazza di Ingegneria.

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`.

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`.

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` svolgendo 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 oggeti 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`.

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.

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.

Serializzazone 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 al proprietà codevcard:hasName.

Questa situazione viene tradotta nell'Entity:

```java
@XmlRootElement(name = "GCP")
@XmlAccessorType(XmlAccessType.FIELD)
public class GCP implements Serializable {
  @XmlTransient
  private String URI;
  private String gcpName;
  @XmlElement(name = "EVSE")
  private List<EVSE> evseList;
  /* other properties*/
  /* getter & setter*/
}
```

Listato 3.1: Entity di esempio

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'intenro 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.

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 dover rimanere a piedi.

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 di Ricarica

Una volta completata la procedura di prenotazione l'EVSE è diventa 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 sottoscriversi 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 Architetturali. Principalmente il serbizio cittadino deve essere altamente performante in quanto, una vota 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 sopratutto permette di usare utilità messe a disposizione del linguaggio per quanto riguarda il multithreading. 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 instanziare 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 [7]. Rimane comunque vantag-

giosa 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>` ([8]) che troviamo nel package `it.unibo.cityservice.pool` che rappresenta un pool di oggeti 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 volgiamo 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 3.2: 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 ([6]).

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 3.3: 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

All'avvio il *City Service* compie innumerevoli compiti:

- **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 condividee con le altre entità del sistema.
- **Creazione Pool**: Vengono creati i pool di thred 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 avverà 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 *hanlder* 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 performace 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 3.4 dive 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 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 sopratutto 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 scaglie 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 corrispettive 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 ChargeRequestHandler(subscribeResult));
6  } else if (confirmByUserSubId.equals(subscriptionID)) {
7    confirmByUserExecutr.execute(new ConfirmByUserHandler(subscribeResult));
8  } else if (ackByUserSubId.equals(subscriptionID)) {
9    ackByUserExecutor.execute(new AckByUserHandler(subscribeResult));
10 } else if (retireReservationSubId.equals(subscriptionID)) {
11   retireReservationExecutor.execute(new RetireReservationHandler(subscribeResult));
12 } else {
13   logger.error("Unexpected subscription id: " + subscriptionID);
14 }
15
16 xmlToolsPool.returnObject(xmlTools);
```

Listato 3.4: 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 i 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 lo 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 packacge `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. 3.5) e viene rilasciato al momento dell'esecuzione l'handler associato alla sottoscrizione della risposta (List. 3.6).

```
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 3.5: Inserimento della `CargeRequest` e attesa della risposta

```
String subscriptionID = xmlTools.getSubscriptionID(xml);
if (chargeResponseSubId.equals(subscriptionID)) {
    [...]
    chargeResponsesUri = subscriptionResult.get(0);
    synchronized (chargeResponseLock) {
      chargeResponseLock.notify();
    }
  }
}
```

Listato 3.6: 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 3.7.

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

Listato 3.7: 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.

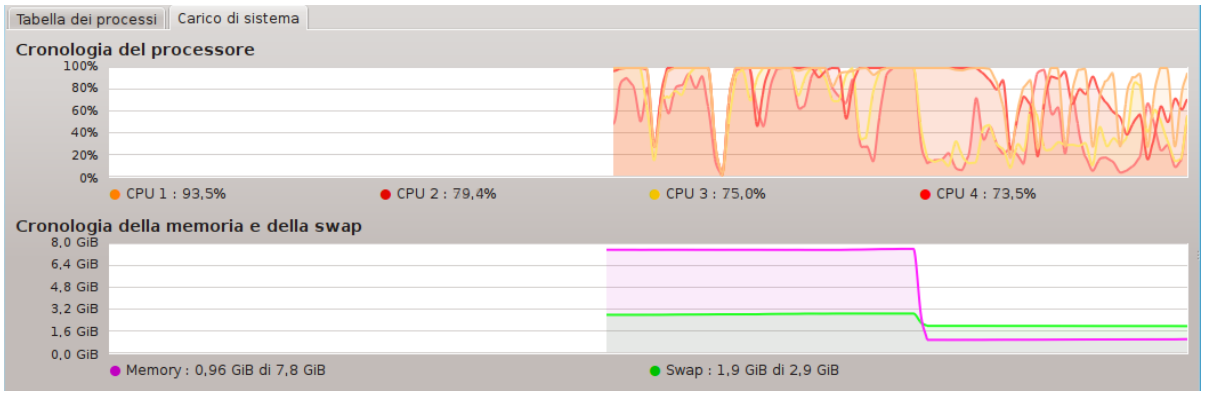


Figura 3.1: Memory Leak del SIB che avveniva quando la connessione viene interrotta da un socket-timeout

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 operazione di prenotazione e ritiro delle ricariche. Il suo scopo è permettere all'utente di eseguire operazioni di interazioni con la smart-city al fine di ridurre le problematiche derivanti dall'utilizzo di veicoli elettrici. In particolare permette di eseguire richieste e cancellazioni di prenotazioni di ricariche attraverso i protocolli visti nella sezione 3.2.

Inizialmente si limitava solo a queste operazioni ovvero prenotazione e cancellazioni di ricariche e inoltre funzionava solo in presenza del simulatore (5) in quanto prendeva il possesso di un veicolo gestito dal simulatore stesso. 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.

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 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 bella è più facile da programmare. La libreria di base per interfacciarsi con il SIB è quella esposta nella sezione 3.1.1.

4.1.1 Interazione con L'esterno

L'interazione con il servizio cittadino avviene tramite scambio di messaggi con il *City SIB*, mentre le informazioni relative al veicolo, in particolar modo se quest'ultimo è simulato, arrivano dal *Dash SIB*.

4.2 Modalità di esecuzione

L'applicazione al fine di adattarsi ai diversi scenari possibili offre molteplici modalità di esecuzione, questo per adattarsi alle specifiche richieste per le dimostrazioni del Remote ??Monitoring¿¿. La scelta della modalità di esecuzione avviene nella schermata iniziale come si può vedere in figura 4.2

4.2.1 Simulazione

Questa modalità permette di prendere il controllo di un veicolo contenuto nel simulatore, il quale deve essere avviato con appositi parametri che causino la scrittura dei parametri relativi ai veicoli sul *Dash SIB*. Questo implica che una volta che i abbiamo premuto sul pulsante *Connect* (Fig. 4.2), dobbiamo scegliere l'utente Luciano Bononi in quanto è l'utente di default usato dalle macchine del simulatore (Fig. 4.1a). Una volta selezionato l'utente ci troveremo nel menu principale con solo due opzioni (Fig. 4.1b). Questo perché le altre opzioni sono subordinate alla scelta di un veicolo. Una volta selezionato il veicolo (Fig. 4.1c) vedremo esattamente i parametri che esso ha nel simulatore (posizione, carica, potenza ecc..). La posizione segnata nella mappa dell'app sarà la stessa segnata su SUMO. L'interazione tra il veicolo

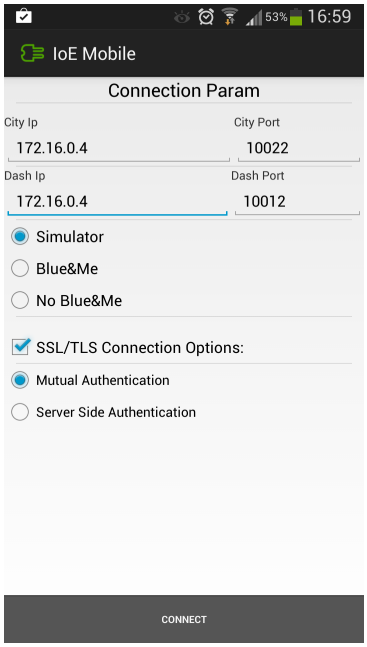
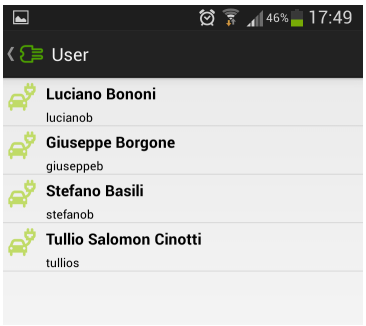
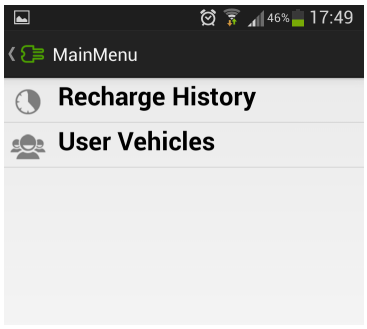


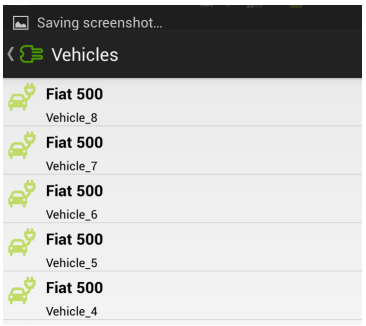
Figura 4.2: Schermata Principale con i parametri di connessione ai SIB e la scelta di modalità di esecuzione.



(a) Selezione Utente.



(b) Menu principale senza nessun veicolo selezionato



(c) Selezione veicolo

Figura 4.1: Schermate Applicazione Mobile

4.2.2 Con Blue Me

4.2.3 Senza Blue Me

4.3 Richiesta di prenotazione

4.4 Activities

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 la 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 Dijikstra 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 riusabili 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, reercorso, 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 (ercorso, 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 ne-

cessari 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 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 d aavere 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 Stree 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`

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

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

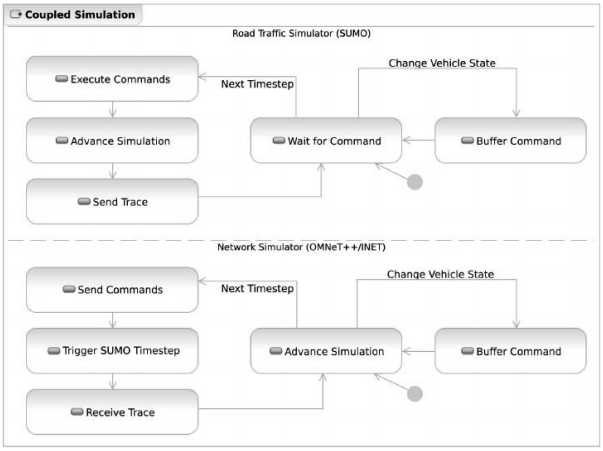
- **--type-files**: Specifica il file che contiene i vincoli e i limiti, quello citato sopra.
- **--ramps.guess**: Prova a capire dove sono le rampe e ad eseguirne l'importazione
- **--remove-edges.by-vclass**: Siccome Open Street Map include un infinità informazioni del tutto inutili al nostro fine (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**:

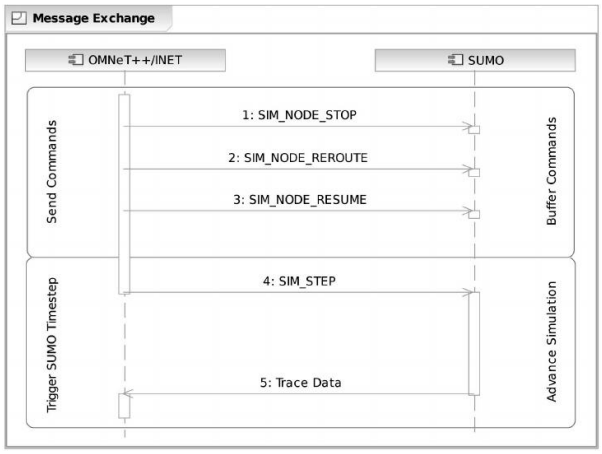
Siccome Open Street Map include molte informazioni che sono del tutto inutili al nostro fine (ferrovie, piste ciclabili, aree pedonali ecc..) bisogna istruire `netconvert` affinché le escluda dall'importazione.

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 abbianti. 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 I Moduli

Car

(Fig: 5.2).

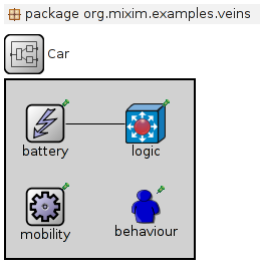


Figura 5.2: Modulo Car

5.3.1 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 dl'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 ...

5.3.2 Battery

5.3.3 CityService

5.4 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 essendomene 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 libgdal1h 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:

```
./configure
make
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 ∼`/.basrc`:

```
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:

```
svn co https://sumo.svn.sourceforge.net/svnroot/sumo/trunk/sumo
make -f Makefile.cvs
./configure
make
```

```
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:

```
sudo ./install.sh     #per architetture x86
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 Kiljander, un ricercatore del VTT Technical Research Centre of Finland, e successivamente modificata da Federico Montori di UNIBO per aggiungervi 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/Ubutnu, 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:

```
./configure
make
sudo make install
```

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

```
./autogen.sh
./configure
make
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 porgetti di esmpio, 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 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/examples/`

Appendice B

UniboGeoTools

Libreria java sviluppata per motivi strani

Riferimenti bibliografici

Manuali cartacei

[1] Luca Cabibbo Craig Larman. *Applicare UML e i pattern: analisi e progettazione orientata agli oggetti*. Pearson Italia S.p.a, 2005.

[2] 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/`.

[3] Jukka Honkola et al. «Smart-M3 Information Sharing Platform». In: *Trans. of the IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)* (2010).

[4] Federico Montori. *Design and evaluation of an experimental platform about Internet of Energy for Electrical Vehicles*. online. 2012. URL: `http://amslaurea.unibo.it/3900/`.

[5] 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).

[6] Luca Vetti Tagliati. *Java quality programming. I migliori consigi per scrivere codice di qualità*. Tecniche Nuove, 2008.

Siti Web consultati

[7] Péter Török. *Is object pooling a deprecated technique?* 2011. URL: `http://programmers.stackexchange.com/questions/115163/is-object-pooling-a-deprecated-technique`.

[8] Oleg Varaksin. *Simple and lightweight pool implementation.* 2013. URL: http://www.javacodegeeks.com/2013/08/simple-and-lightweight-pool-implementation.html.