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, il quale è stato fondato dall'Unione Europea e comprende 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 cari-

ca 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 Smart-M3

M3 è un architettura middleware per consentire L'interoperabilità delle informazioni in maniera cross-domain, multi-vendor, multi-device, multi-piattaforma. 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.

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.

L'architettura Smart-M3 permette:

- **Interoperabilità dell'informazione**: L'interoperabilità è resa possibile da un modello di dati condiviso che si basa su tecnologie tipiche del Semantic Web.
- **Notifiche al variare dei dati**: Grazie a un meccanismo di sottoscrizione è possibile ricevere notifiche al variare dei dati specificati.

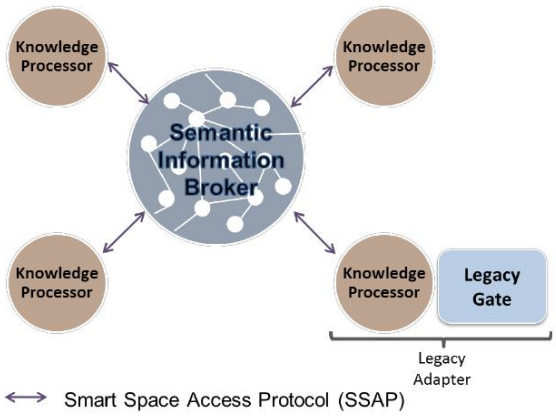


Figura 1.1: Architettura Smart-M3

1.4 Lavori Correlati

Capitolo 2

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.

2.1 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]

2.1.1 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` :

Listing 2.1: Entity di esempio

```
@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*/
}
```

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. . .).

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.

2.2 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.

2.2.1 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.

2.3 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.

2.4 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.

2.4.1 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 2.4 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.

Il cuore di questo sistema è la classe `ObjectPool<T>` ([3]) 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:

Listing 2.2: Implementazione di ObjectPool

```
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 }
```

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.

2.4.2 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 ([2]).

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` .

Listing 2.3: Creazione Pool di Thread

```
ExecutorService pool = Executors.newFixedThreadPool(30);
pool.execute(new Runnable() {
  @Override
  public void run() {
    System.out.println("hello world");
  }
});
```

2.4.3 Il funzionamento del City Service

Come visto nella sezione 2.2 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 2.2:
  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 (**??** 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.

I pool di thread sono dunque 5:

1. `requestDispatcher` :
2. `chargeRequestExecutor` :
3. `confirmByUserExecutr` :
4. `ackByUserExecutor` :
5. `retireReservationExecutor` :

Capitolo 3

Applicazione Mobile

Capitolo 4

Piattaforma di Simulazione

4.1 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.

4.1.1 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.

4.1.2 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.

4.1.3 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 necessari allo scopo in quanto le performance sono determinanti al fine di poter avere dei risultati in tempi utili. Infatti sono stati rimossi da Veins i moduli necessari alla comunicazione wireless (nic80211 e ARP), il modulo per la gestione degli ostacoli (obstacles) che era utilizzato per la gestione dello shadowing delle reti wireless

4.2 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.

4.2.1 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.

4.2.2 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.

4.2.3 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`

```
2 <types xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
3   <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>
```

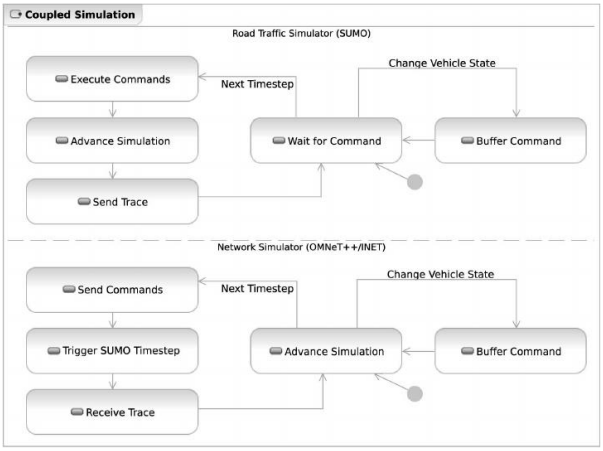
Di seguito passiamo ad un analisi dettagliata di tutti i parametri passati a `netconvert` :

- **--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**:

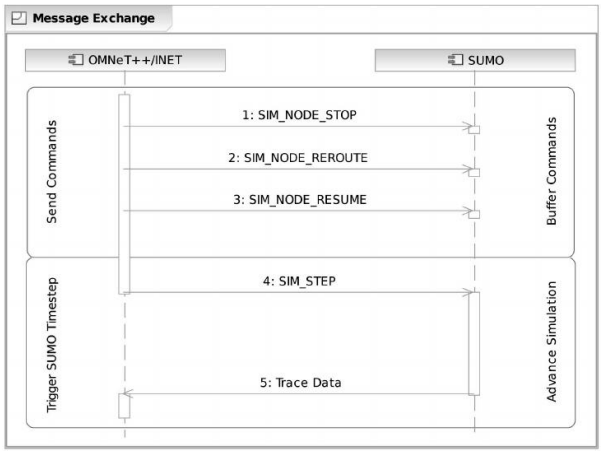
Siccome Open Street Map include molte informazioni che sono del tutto inutili al nostro fine (ferrovie, piste ciclabili, aree pedonali ecc..) bisogna istruire `netconvert` affinché le escluda dall'importazione.

4.2.4 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. 4.1a. Per garantire l'esecuzione sincrona a intervalli definiti Veins inserisce in un buffer tutti i comandi da inviare a SUMO (Fig. 4.1b). 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 4.1: Architettura Veins

4.3 I Moduli

Car

(Fig: 4.2).

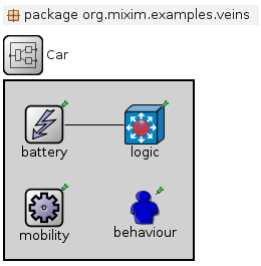


Figura 4.2: Modulo Car

4.3.1 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 ...

4.3.2 Battery

4.3.3 CityService

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/ve`

.

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

Siti Web consultati

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