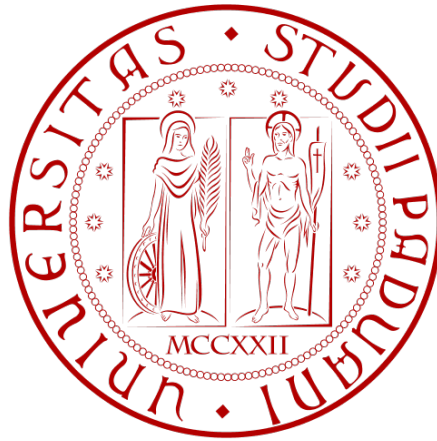


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA  
FACOLTÀ DI SCIENZE MM. FF. NN.  
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INFORMATICA



Tesi di Laurea Magistrale

## Titolo della tesi

Studente:  
Daniele Bonaldo

Relatore:  
Prof. Claudio Enrico Palazzi

Anno accademico 2010-2011



# Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Delay Tolerant Networks</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>M2MShare</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>ONE - L'ambiente di simulazione</b>	<b>7</b>
4.1	Configurazione . . . . .	8
4.2	Visualizzazione . . . . .	9
4.3	Esecuzione . . . . .	11
<b>5</b>	<b>Modelli di movimento</b>	<b>13</b>
5.1	Random Map-Based Movement . . . . .	13
5.2	Shortest Path Map-Based Movement . . . . .	13
5.3	Routed Map-Based Movement . . . . .	14
5.4	Working Day Movement Model . . . . .	14
5.4.1	Esempio di giornata . . . . .	15
5.4.2	Home Activity Submodel . . . . .	16
5.4.3	Office Activity Submodel . . . . .	16
5.4.4	Evening Activity Submodel . . . . .	17
5.4.5	Transport Activity Submodel . . . . .	17
<b>6</b>	<b>La simulazione</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Risultati</b>	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>23</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>25</b>



# Capitolo 1

## Introduzione

Una bellissima introduzione



## Capitolo 2

# Delay Tolerant Networks

Qua parlo un pò di DTNs





# Capitolo 3

## M2MShare

La parte principale: si parla del protocollo



## Capitolo 4

# ONE - L'ambiente di simulazione

L'ambiente scelto per svolgere le simulazioni è The ONE (Opportunistic Network Environment) versione 1.4.1, descritto in [1]. Questo simulatore scritto in Java è completamente configurabile e permette di simulare il movimento dei vari nodi partecipanti alla simulazione, gestire le connessioni e lo scambio di messaggi fra i vari nodi (utilizzando diversi protocolli di routing) e visualizzare sia i movimenti che il traffico dati nell'interfaccia grafica di cui dispone.

Per quanto riguarda il movimento, il simulatore può accettare in input tracce provenienti da registrazioni dal mondo reale, dati creati tramite generatori di movimento esterni oppure crearli dinamicamente tramite dei modelli di movimento, alcuni dei quali descritti più nel dettaglio in [movimento]. Sia i modelli di movimento che i vari protocolli di routing vengono gestiti come moduli indipendenti e vengono caricati a seconda di quanto impostato in fase di configurazione. Ciò permette una semplice implementazione di nuovi protocolli di routing e modelli di movimento all'interno del simulatore.

Il simulatore permette infine di salvare dati statistici riguardanti le simulazioni svolte tramite la generazione di report, anch'essi gestiti in maniera totalmente modulare e configurabile.

## 4.1 Configurazione

Una determinata simulazione viene impostata creando dei files di configurazione che descrivano i vari aspetti dello scenario, dalla durata della simulazione al numero di nodi che la compongono, fino alle caratteristiche specifiche di ogni gruppo di nodi. Tali files di configurazione sono dei semplici files di testo in cui vengono impostati i parametri relativi allo scenario, ai modelli di movimento e ai protocolli di routing. I valori impostati verranno caricati dinamicamente ed andranno ad attivare e configurare i moduli che si è scelto di utilizzare per la simulazione corrente.

All'interno dei files di configurazione, i parametri sono salvati come coppie chiave-valore. La sintassi della maggior parte delle variabili è del tipo

$$\text{Namespace.chiave} = \text{valore}$$

Il namespace indica generalmente a quale parte dell'ambiente di simulazione la variabile si riferisce. Più nello specifico il namespace indica (nella quasi totalità dei casi) la classe Java che andrà a leggere quel parametro. durante la fase di inizializzazione. Questa convenzione è utilizzata soprattutto dai moduli relativi ai modelli di movimento e ai protocolli di routing, quindi è bene che venga utilizzata nella realizzazione di nuovi moduli da aggiungere al simulatore.

Per facilitare la lettura e la configurazione, i valori numerici possono utilizzare i suffissi kilo (k), mega (M) o giga (G), assieme al punto “.” come separatore decimale. I parametri di tipo booleano invece accettano i valori “true” o “1”, “false” o “0”.

Dei commenti possono essere inseriti nei files di configurazione utilizzando il carattere “#”, che ottiene il risultato di far saltare il resto della riga durante la fase di lettura.

Per ogni simulazione ci possono essere più files di configurazione, in modo da poter dividere i parametri in più categorie, ad esempio in un file inserire i parametri relativi allo scenario, con le strade e i quartieri in cui è diviso, in un altro file configurare i nodi con le caratteristiche tipiche di ogni gruppo, in un altro ancora selezionare i report da generare durante l'esecuzione e così via. Il primo file di configurazione letto, se esiste, è sempre il file “default\_settings.txt” e negli altri files di configurazione è possibile definire nuovi parametri o sovrascrivere alcuni di quelli definiti nei files precedenti. Ciò permette di definire in alcuni files dei parametri generali, validi per tutte le

simulazioni, e variarne altri cambiando solo gli ultimi files di configurazione.

All'interno dello stesso scenario, i nodi sono divisi in più gruppi, composti da un numero variabile di nodi. All'interno di un gruppo, tutti i nodi condividono delle caratteristiche comuni, dal protocollo di routing utilizzato, al modello di movimento, ai tipi di interfacce disponibili per la comunicazione. E' possibile impostare inoltre delle caratteristiche comuni a tutti i gruppi in modo da non dover ripetere la definizione di alcuni parametri per tutti i gruppi. La variazione di caratteristiche fra un gruppo e l'altro permette di ottenere dell'eterogeneità fra i comportamenti simulati all'interno dello scenario.

Nei files di configurazione utilizzati da ONE è possibile inoltre impostare array di valori per ogni parametro: ciò permette, durante una serie di esecuzioni batch, di ottenere automaticamente una serie di simulazioni che differiscono l'una dall'altra per alcune impostazioni di parametri, automatizzando notevolmente la raccolta di dati con configurazioni differenti dello stesso scenario.

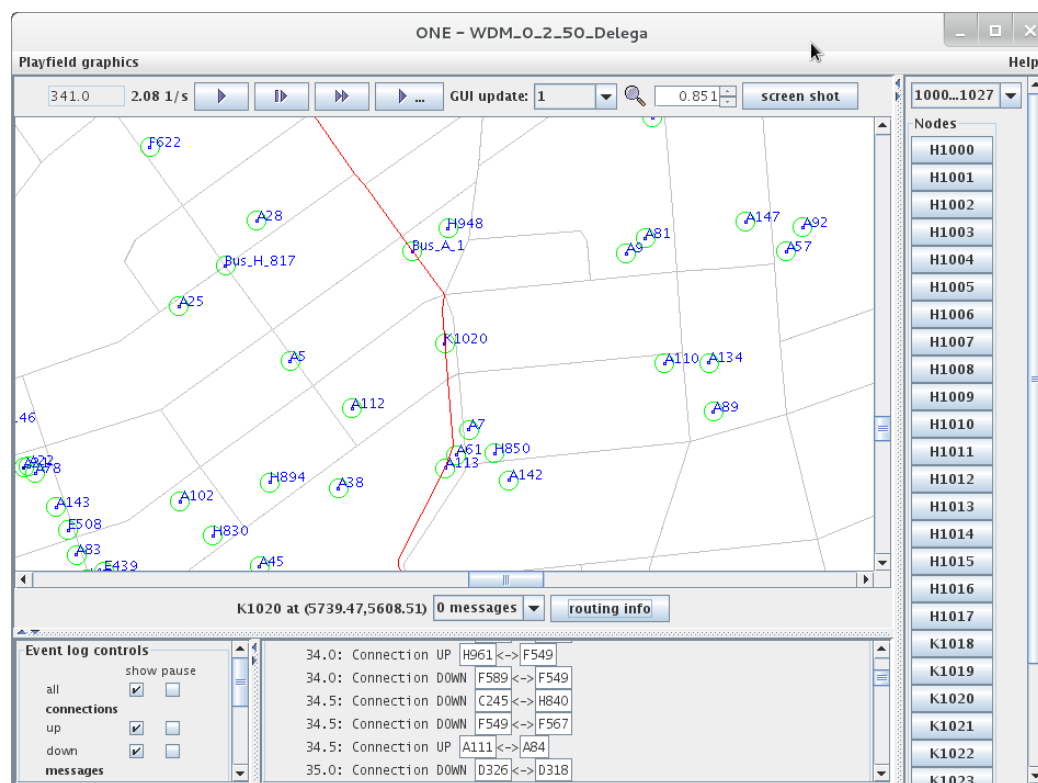
In questo caso la sintassi sarà del tipo

$$\text{Namespace.chiave} = [\text{valoreEsecuzione1}; \text{valoreEsecuzione2}; \text{valoreEsecuzione3}; \text{ecc}]$$

## 4.2 Visualizzazione

La principale modalità di visualizzazione fornita da ONE è quella tramite la GUI, che permette di seguire in tempo reale l'avanzamento della simulazione. Nella finestra principale è possibile osservare i movimenti dei vari nodi e, selezionandone uno specifico, ottenere informazioni riguardo le connessioni attive, i messaggi trasportati e altri dettagli. E' disponibile inoltre un riquadro in cui viene costantemente aggiornato un log di eventi generati durante la simulazione che possono essere filtrati a seconda di ciò che più interessa (ad esempio visualizzare solo le nuove connessioni o gli scambi di messaggi).

Nel caso di modelli di movimento basati su una mappa, selezionando un nodo sarà possibile vedere il percorso seguito, la destinazione da raggiungere e ottenere informazioni avanzate riguardanti lo stato di quel nodo (connessioni, messaggi trasportati, ecc), come si può vedere in Figura 4.2. La visualizzazione è personalizzabile zoomando, modificando la velocità di avanzamento e anche inserendo nello sfondo un'immagine, come ad esempio una carta stra-



**Figura 4.1: Schermata Principale** - La schermata principale del simulatore ONE

dale o una fotografia satellitare della zona interessata.

L'altra modalità di seguire l'avanzamento di una simulazione è la lettura dei reports generati dai vari moduli durante l'esecuzione. Come i modelli di movimento e i protocolli di routing, i generatori di reports sono caricati dinamicamente all'avvio della simulazione, a seconda di ciò che è stato impostato nei files di configurazione. Questa modalità di visualizzazione è particolarmente utile quando non si utilizza la GUI, ma si eseguono più simulazioni in batch, ottenendo quindi alla fine i report con i dati raccolti durante le varie simulazioni.

La modalità batch è indicata nel caso si debbano eseguire più simulazioni in serie senza essere interessati a seguirne l'avanzamento in modalità grafica ma piuttosto valutandone i risultati una volta completate. In questo caso si dimostra molto utile la possibilità di specificare array di valori per i parametri di configurazione, in modo da poter programmare in anticipo le differenze fra le varie simulazioni della serie. Una volta avviato quindi il batch di simulazioni, ONE si occuperà di eseguirle in sequenza e alla massima velocità permessa dalla macchina in uso e salverà i reports generati in più files impostati durante la configurazione.

## 4.3 Reports

Il simulatore può gestire la generazione di più reports relativi alla simulazione in esecuzione. Questi report vengono creati da dei moduli attivati in fase di configurazione e consistono generalmente in files di testo in cui vengono salvati i dati e statistiche che verranno poi analizzati a simulazione terminata.

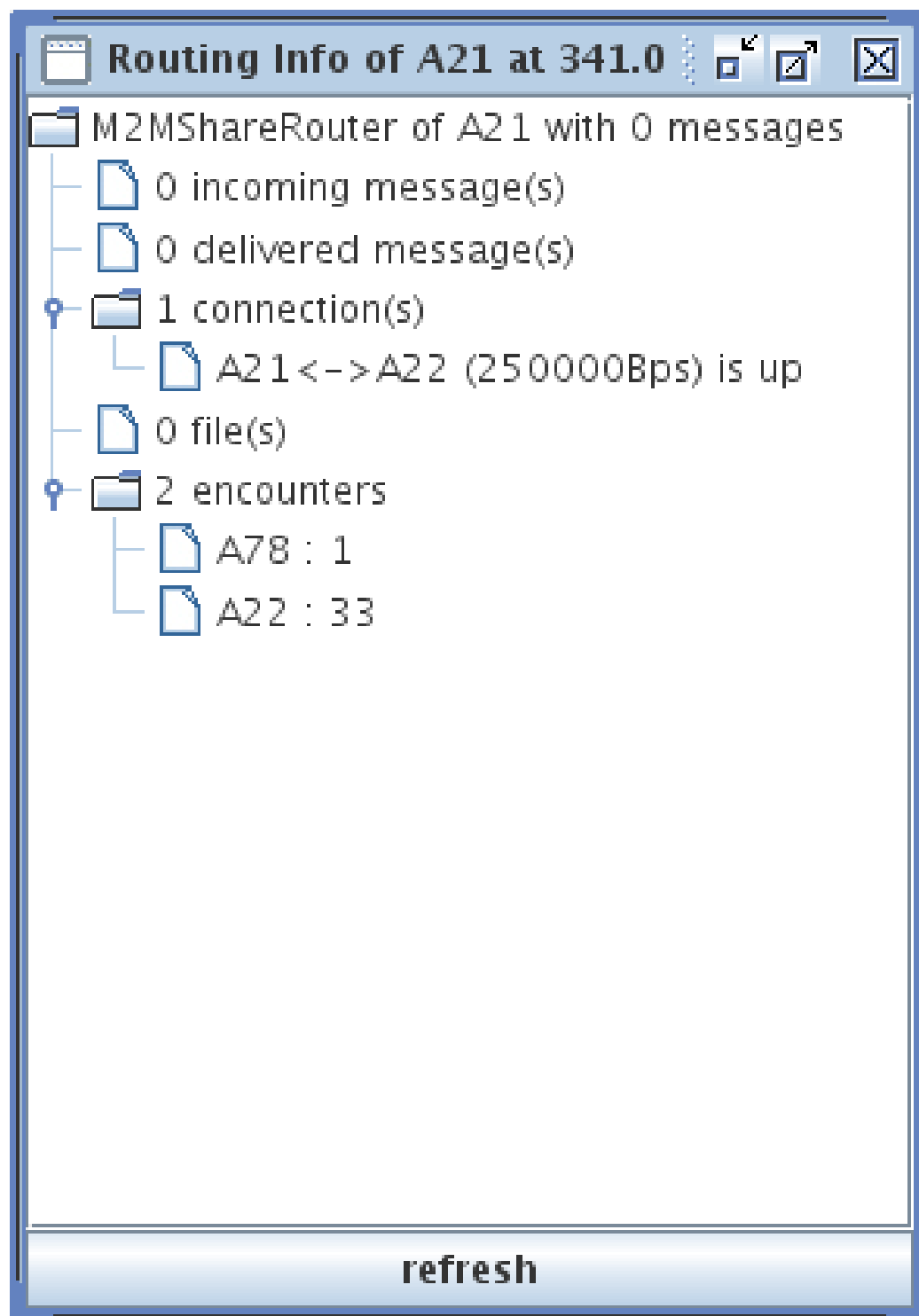
Nella versione 1.4.1 di ONE, il sistema permette di generare reports relativi a

**messaggi** , che includono numero di messaggi creati, scambiati, scaduti, ecc

**contatti** , in cui viene indicato il contact e l'inter-contact time fra i vari nodi, oltre al totale dei contatti durante la simulazione.

**connessioni** , che descrivono l'alternarsi di stato delle connessioni

Come per le altre parti di cui ONE è composto, anche i generatori di reports vengono gestiti come moduli, ed è quindi possibile aggiungerne di nuovi a seconda delle esigenze e dei dati da raccogliere nella singola simulazione.



**Figura 4.2: Routing Info** - Un esempio di finestra in cui sono presenti i dettagli relativi allo stato di un nodo



## 4.4 Esecuzione

Vale la pena di soffermarsi sull'esecuzione di una singola simulazione, vedendo quindi quali sono i vari passi che vengono eseguiti.

La prima azione svolta dal simulatore è quella di caricare le impostazioni dai vari files di configurazione, la cui posizione viene passata per parametro al momento dell'esecuzione del simulatore. Man mano che un nuovo file di configurazione viene letto, i valori dei parametri in esso contenuto vanno ad impostare il valore di alcune variabili dell'ambiente di simulazione, sovrascrivendone anche il valore nel caso fossero già state impostate.

Una volta caricate le impostazioni relative alla simulazione, viene creato lo Scenario. Questo contiene al suo interno tutti gli elementi attivi durante la simulazione (come i nodi, i generatori di reports e quelli di messaggi), così come quelli passivi (ad esempio le mappe che compongono il mondo simulato). In questa fase vengono quindi creati tutti i nodi partecipanti alla simulazione, ognuno dotato di un proprio modello di movimento, un router configurato secondo le caratteristiche del gruppo di nodi e una serie di *listener* per la cattura di eventi e la successiva generazione di reports.

Quando tutte le entità necessarie all'esecuzione sono stati create e configurate, si passa all'esecuzione vera e propria. Questa consiste nel ripetere l'aggiornamento dello stato del mondo, chiamando un metodo *update()*, e incrementare il valore del tempo simulato fino al raggiungimento di un tempo impostato come fine simulazione.



# Capitolo 5

## Modelli di movimento

Uno degli aspetti più importante per garantire la realistica di una simulazione riguarda il comportamento dei nodi, in particolare il loro movimento. Come è facile intuire, in una DTN i cambiamenti di posizione dei vari nodi influiscono pesantemente la connettività e quindi le prestazioni dell'intera rete. Proprio per questo motivo è fondamentale simulare il più realisticamente possibile il comportamento dei nodi all'interno della simulazione.

Il simulatore TheONE contiene al suo interno diversi modelli di movimento che possono essere assegnati ai vari gruppi di nodi. Presenterò ora un breve riassunto dei modelli a disposizione, soffermandomi in particolare su quello scelto per le simulazioni svolte, ossia il Working Day Movement Model (WDM)

### 5.1 Random Map-Based Movement

Il modello più semplice fra quelli disponibili è il Random Map-Based Movement (MBM). I nodi che adottano questo modello si muovono in maniera casuale ma sempre seguendo le strade descritte dalla mappa della simulazione. Il risultato di questa modalità è un movimento troppo casuale per simulare accuratamente il comportamento umano per quanto riguarda la mobilità.

### 5.2 Shortest Path Map-Based Movement

Lo Shortest Path Map-Based Movement (SPMBM) è un modello leggermente più realistico rispetto a MBM. In questo modello i nodi scelgono casualmente un punto di destinazione all'interno della mappa e seguono la via

più breve per raggiungerlo dalla posizione attuale, sempre seguendo le strade descritte dalla mappa della simulazione. Le destinazioni possono essere scelte in maniera completamente casuale o da un insieme di Punti di Interesse, in modo da simulare l'attrazione delle persone per luoghi come punti di ristoro, negozi o attrazioni turistiche.

### 5.3 Routed Map-Based Movement

Un modello che invece della casualità nel movimento utilizza dei percorsi predeterminati è il Routed Map-Based Movement (RMBM). I nodi che adottano questo modello si muovono lungo rotte predefinite, per tutta la durata della simulazione, rendendo RMBM utile per rappresentare degli spostamenti ripetitivi, come ad esempio quelli di autobus, tram o treni.

### 5.4 Working Day Movement Model

I modelli finora descritti sono senz'altro di semplice comprensione e realizzazione, oltre ad essere molto efficienti per quanto riguarda le prestazioni, ma non forniscono una realistica rappresentazione del movimento umano, soprattutto per quanto riguarda i valori di inter-contact e contact time.

Un modello che genera dei valori più realistici per questi parametri, rappresentando più realisticamente quindi il movimento umano, è il Working Day Movement Model (WDM). Come il nome può fare intuire, questo modello simula gli spostamenti compiuti da una persona durante una tipica giornata lavorativa e in [2], dove è descritto il modello, è evidenziato anche come i valori generati seguano realisticamente quelli trovati utilizzando dati di spostamento provenienti da tracce reali.

Una giornata simulata comprende le seguenti attività principali svolte dai vari nodi:

- dormire a casa
- lavorare in ufficio
- uscire alla sera con gli amici

Ovviamente le attività potrebbero cambiare enormemente a seconda dello stile di vita e del lavoro svolto dalle singole persone, ma queste tre attività sono le più comuni e possono essere associate alla tipica giornata di una gran quantità di persone. La ripetitività giornaliera delle azioni e il fatto di svolgerle in luoghi comuni a più persone permette la formazione spontanea di

comunità: persone che vivono e dormono nella stessa casa formeranno una famiglia, più persone che lavorano nello stesso ufficio agli stessi orari saranno colleghi di lavoro, mentre degli amici si possono trovare ad orari comuni alla sera per uscire assieme. La creazione di queste comunità non viene mostrata da modelli più semplici quali RMBM o SPMBM.

Per la simulazione delle attività giornaliere, WDM utilizza dei sottomodelli dedicati, oltre a dei sottomodelli preposti a simulare gli spostamenti fra un'attività e l'altra. Una persona si potrà quindi spostare a piedi, in auto o utilizzando i mezzi pubblici, a seconda della propria disponibilità e convenienza. Il fatto di muoversi da soli o in gruppo (prendendo lo stesso bus o camminando assieme la sera) permette di avere dei comportamenti eterogenei e quindi migliorare ulteriormente la realistica degli spostamenti compiuti dai vari nodi.

#### 5.4.1 Esempio di giornata

Durante una tipica giornata il punto di partenza per ogni nodo è la propria abitazione. Ogni nodo ha un orario di sveglia assegnato, generato utilizzando una distribuzione normale con media pari a 0 e deviazione standard impostabile in fase di configurazione, che indica l'orario in cui la persona uscirà di casa. Il valore viene generato per ogni ad inizio simulazione, rimarrà lo stesso per tutti i giorni successivi e la differenza fra i valori di vari nodi sta ad indicare la differenza fra i diversi stili di vita nella vita reale (ad esempio una persona che impiega pochi minuti a prepararsi la mattina rispetto a chi impiega ore anche solo per fare colazione).

Una volta usciti di casa, i vari nodi si dirigono al lavoro utilizzando l'auto (se disponibile) o a piedi oppure utilizzando i mezzi pubblici, a seconda di quale sia il metodo più conveniente. Conseguentemente alla scelta del mezzo di trasporto viene utilizzato il corrispondente sottomodello.

Una volta raggiunto il luogo di lavoro, la persona ci resta per la durata della sua giornata lavorativa e quindi decide, con una determinata probabilità, se tornare direttamente a casa o spostarsi per un'attività serale. Anche in questo caso gli spostamenti vengono gestiti utilizzando i corrispondenti sottomodelli.

### 5.4.2 Home Activity Submodel

Ogni nodo ha una posizione impostata come Home Location, che viene utilizzata come punto di partenza alla mattina e punto di ritorno alla sera: una volta tornata a casa una persona si muove per una breve distanza e poi resta ferma fino all'orario di risveglio, la mattina successiva. Questo comportamento non è un errore, ma simula il fatto di lasciare il telefono su di un tavolo o in carica fino al momento di uscire nuovamente di casa, mentre la persona svolge le normali attività domestiche come mangiare, guardare la TV o dormire.

### 5.4.3 Office Activity Submodel

Il sottomodello relativo all'attività lavorativa è un modello bidimensionale che simula il comportamento di una persona all'interno di un ufficio, in cui è posizionata la propria scrivania e dalla quale ogni tanto si alza per partecipare ad una riunione, parlare con un collega o, perché no, per una pausa caffè. Durante tutti questi momenti, come è facile intuire, è possibile che il nodo entri in contatto con nodi relativi ad altri colleghi di lavoro.

L'ufficio è descritto come un'unica stanza con pianta rettangolare, in cui l'unico punto di ingresso, la porta, è l'angolo in alto a sinistra e ogni persona che vi lavora ha una scrivania posizionata in un determinato punto. Non viene simulata la presenza di muri all'interno della stanza, che quindi verrà descritta come un luogo più grande del normale, in modo da simulare il tempo impiegato per superare ostacoli, nel movimento dalla scrivania ad una destinazione interna all'ufficio.

Una volta entrato, l'impiegato si muove subito camminando verso la propria scrivania, dove rimane per un periodo di tempo casuale, generato utilizzando una distribuzione di Pareto. Passato questo tempo il nodo sceglie una destinazione casuale all'interno dell'ufficio, cammina fino a raggiungerla e quindi attende per un periodo di tempo casuale generato utilizzando la stessa distribuzione di Pareto prima di tornare alla propria scrivania. La ripetizione del movimento dalla scrivania ad una posizione casuale interna all'ufficio continua fino al termine della giornata lavorativa, che ha una durata impostabile in fase di configurazione.

I parametri della distribuzione possono essere impostati per ogni gruppo di nodi, in modo da simulare diversi tipi di attività all'interno del luogo di lavoro, dall'insegnante che ogni ora si deve spostare in un'aula diversa,

ad un commesso che non lascia mai la propria postazione per tutto l'orario lavorativo.

#### 5.4.4 Evening Activity Submodel

Il sottomodello Evening Activity simula attività che possono essere svolte dopo lavoro, nel tardo pomeriggio - sera, come andare a fare shopping, in un bar o a mangiare in una pizzeria o ristorante. Tali attività vengono svolte in gruppo e con una probabilità configurabile, che determina se la persona torna o meno subito a casa dopo il lavoro.

Al termine della giornata lavorativa, il nodo si sposta verso il proprio luogo d'incontro preferito, che è una posizione impostata all'inizio della simulazione. Una volta arrivato attende che lo raggiungano un numero di persone sufficientemente elevato per formare un gruppo e cominciare quindi l'attività. Il numero massimo e minimo di persone che possono formare un gruppo è configurabile e quando tutti i gruppi per un determinato punto di ritrovo sono al completo ne viene creato un altro.

Una volta che tutti i componenti del gruppo legato all'attività sono arrivati, camminano assieme per una breve distanza verso una destinazione scelta casualmente e quindi si fermano per un tempo più lungo, generato casualmente all'interno di valori preimpostati. Una volta terminata questa pausa (finita la cena, lo shopping o la visione di un film al cinema), le varie persone si separano e tornano verso casa.

#### 5.4.5 Transport Activity Submodel

Il Transport Activity Submodel è il sottomodello incaricato di gestire gli spostamenti dei nodi fra le diverse attività.

All'inizio della simulazione ad ogni nodo viene assegnata un'auto con una probabilità configurabile. Le persone che la possiedono la utilizzeranno per tutti gli spostamenti, mentre chi ne è sprovvisto si muoverà a piedi o utilizzando un mezzo pubblico. L'eterogeneità di mezzi di trasporto utilizzati permette di simulare realisticamente i movimenti di diverse tipologie di persone ed inoltre ha impatto anche sul protocollo di routing utilizzato, in quanto nodi che si muovono utilizzando mezzi propri si sposteranno più velocemente, permettendo così il trasporto più rapido di pacchetti per lunghe distanze.

A seconda del mezzo di trasporto utilizzato, quindi, il Transport Activity Submodel si rifà a tre sottomodelli distinti:

**Walking Submodel** : i nodi che non possiedono un'auto si muovono camminando lungo le strade ad una velocità costante, utilizzando l'algoritmo di Dijkstra per trovare il percorso più breve dalla posizione corrente alla destinazione.

**Car Submodel** : i nodi che possiedono un'auto muovono più velocemente dei pedoni, durante le transizioni fra attività, ma si muovono come gli altri nodi all'interno di una singola attività. Non vengono considerati traffico e semafori durante la guida e ogni auto può portare una sola persona (il car sharing non ha ancora avuto successo nel mondo simulato).

**Bus Submodel** : nella città possono essere presenti più linee di trasporti pubblici (tram, autobus, funivie), ognuna delle quali viene percorsa da più mezzi ad orari predefiniti. Ogni mezzo pubblico può trasportare più persone.

Ogni persona che non possiede un'auto conosce una linea di mezzi pubblici e può utilizzare qualunque mezzo appartenente a quella linea. Il fatto di prendere il mezzo pubblico o di camminare dipende da un confronto di distanze euclidee: la distanza fra il luogo di partenza e quello di destinazione oppure quella fra il luogo di partenza e la fermata più vicina sommata alla distanza fra la destinazione e la fermata più vicina alla destinazione. Nel caso sia minore la prima allora il nodo camminerà fino alla destinazione, altrimenti utilizzerà i mezzi pubblici. Per fare ciò camminerà fino alla fermata più vicina, utilizzando il Walking Submodel, attenderà il primo mezzo che passerà per quella linea nella direzione corretta, utilizzerà il Bus Submodel fino alla fermata più vicina alla destinazione e quindi tornerà ad utilizzare il Walking Submodel camminando fino al punto di arrivo.



# Capitolo 6

## La simulazione

Come ho implementato la simulazione  
(forse meglio chiamare il capitolo Implementazione?)



# Capitolo 7

## Risultati

Risultati ottenuti



# Capitolo 8

## Conclusioni

LE conclusioni di tutto



# Bibliografia

- [1] T.Kärkkäinen A.Keränen, J.Ott. The one simulator for dtn protocol evaluation. 2009.
- [2] J.Karvo J.Ott F.Ekman, A.Keränen. Working day movement model. In *ACM/SIGMOBILE Workshop on Mobility Models for Networking Research*, Maggio 2008.
- [3] A. Bujari. A delay tolerant solution for p2p file sharing in manets. Master's thesis, Università degli Studi di Padova, 2010.
- [4] C. Lindemann A. Klemm and O. Waldhorst. Orion - a special-purpose peer-to-peer file sharing system for mobile ad hoc networks.
- [5] S.Hong K.Lee S.Chong I.Rhee, M.Shin. Human mobility patterns and their impact on routing in human-driven mobile network.
- [6] A. Tannenbaum. *Computer Networks*. Prentice Hall, 2 edition, 2002.
- [7] A. Tannenbaum. *Modern Operating Systems*. Prentice Hall, 4 edition, da verificare anno.
- [8] J.Zhao Y.Zhang. Social network analysis on data diffusion in delay tolerant networks. 2009.
- [9] F.Ekman. Mobility models for mobile ad hoc network simulations. Master's thesis, Helsinki University of Technology, 2008.
- [10] J.Ott A.Keränen. Increasing reality for dtn protocol simulations. Technical report, Helsinki University of Technology, Networking Laboratory, July, Luglio.