

## **Capitolo 3**

### **Modello di mobilità Manhattan**

#### **3.1 Introduzione**

Il concetto di mobilità degli utenti dipende dal particolare tipo di ambiente in cui essi si trovano, per cui i parametri che governano il loro movimento saranno diversi a seconda dell'ambiente che si intende studiare.

In particolare sono stati sviluppati tre ambienti di test:

- *Indoor office*
- *Extraurbano*
- *Urbano*

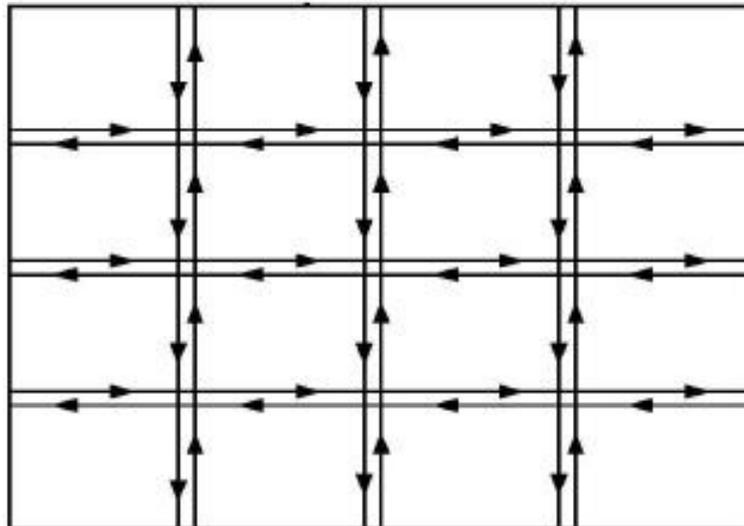
Nel primo ambiente, gli utenti si trovano all'interno di un edificio e, in particolare, all'interno di uffici e corridoi che possono essere collocati su piani diversi. Se un utente si trova all'interno di un edificio sarà maggiore la probabilità che egli resti fermo; se si trova in un corridoio è invece maggiore la probabilità che egli si muova.

In ambiente extraurbano, gli utenti hanno ampi spazi di movimento, la velocità è molto maggiore che nell'ambiente indoor office e il modello si basa su una struttura a celle esagonali.

In ambiente urbano, che è anche l'ambiente studiato in ambito di tesi per il modello Manhattan, sono presenti una serie di edifici e di strade disposti regolarmente a scacchiera; tale ambiente è caratterizzato da velocità di spostamento limitate, ma anche da spazi più ampi rispetto all'ambiente indoor office. Gli utenti possono muoversi solo lungo le strade e ad ogni incrocio hanno la possibilità di muoversi lungo la loro traiettoria rettilinea oppure di svoltare a destra o a sinistra.

I modelli di mobilità sono utilizzati per simulare reti di comunicazione mobili e per creare i tipici movimenti dei nodi in un determinato ambiente. Realizzare scenari urbani spesso non è una cosa semplice, specialmente nella realizzazione di strade, punti di ostacolo per il raggiungimento del segnale o punti di attrazione che influenzano e limitano il movimento degli utenti. Ogni tipo di utente ha parametri diversi dall'altro; in alcuni casi si utilizzano addirittura modelli di mobilità

differenti. Nei sistemi di comunicazione mobile l'informazione è scambiata attraverso segnali radio tra stazioni base e stazioni mobili. Quindi ogni stazione base può solo comunicare con un mobile in un'area finita e per coprire un'intera area di servizio c'è bisogno di diverse stazioni base. L'area coperta da una singola stazione base è chiamata cella. Nella mappa di simulazione creata sono presenti celle orizzontali sulle strade orizzontali e celle verticali sulle strade verticali che hanno tutte la stessa dimensione; alcune celle adiacenti possono intersecarsi tra loro (situazione di overlapping), di conseguenza un utente potrà trovarsi anche in tre celle adiacenti contemporaneamente (due celle orizzontali e una verticale oppure due celle verticali e una orizzontale). Nel modello di simulazione utilizzato, le celle sono modellate come ellittiche. La mappa è modellata con una scacchiera, dove ogni quadrato corrisponde ad un palazzo che è separato l'uno dall'altro per mezzo delle strade orizzontali e verticali. Questo tipo di modello di centro urbano è chiamato "Modello Manhattan". Ciascuna strada è delimitata, da ambo le parti, da un marciapiede e da un edificio come viene mostrato in figura:



**Figura 33. Esempio di Manhattan Grid Model**

Il modello Manhattan è utilizzato per emulare la mobilità di nodi descritti su una mappa e per modellare il loro movimento in un'area urbana. Anche noi, in questo modello, abbiamo costruito la nostra mappa che è formata da strade orizzontali e verticali. Ogni strada ha due possibili direzioni: nord e sud per le strade verticali, est e ovest per le strade orizzontali. Gli utenti mobili si muovono lungo queste strade sulla mappa. Ad un'intersezione tra una strada orizzontale e una verticale, un nodo mobile può decidere se andare a destra, a sinistra o dritto. Il fatto di scegliere una

direzione piuttosto che un'altra dipende dal tipo di movimento di ciascun nodo mobile:

- **Movimento casuale:** un nodo che arriva ad un incrocio sceglie in modo del tutto casuale la sua prossima direzione fra le tre disponibili;
- **Movimento in base alla destinazione:** un nodo sceglierà la direzione che gli permetterà di arrivare prima a destinazione;

La velocità di un nodo mobile dipende da vari fattori, in generale la velocità di un nodo al tempo  $t$  dipende da varie situazioni al tempo  $t-\Delta t$  come per esempio l'avvicinamento a un incrocio o ad una macchina più lenta, che sono situazioni che causano decelerazione; se la strada è piuttosto libera può avvenire un'accelerazione del nodo interessato. Manhattan è un modello di mobilità che ha un'alta dipendenza temporale e spaziale. Le informazioni inserite possono essere immagazzinate, permettendoci di avere vari risultati per diversi scopi di simulazione. In questo modo, possono essere immesse varie configurazioni, rendendo il nostro modello più reale possibile. A causa del grande numero di fattori che influiscono sui movimenti degli utenti, non conviene proporre un solo modello per descrivere il comportamento della popolazione intera. Di conseguenza un buon metodo potrebbe essere dividere gli utenti in gruppi che hanno caratteristiche simili. Inizialmente ciascun utente viene collocato in maniera casuale all'interno della mappa, per poi creare una simulazione di traffico. Nel nostro simulatore abbiamo creato due categorie di utenti mobili: pedoni e veicoli, ma non c'è un limite di categorie che possono essere create, così come per le strutture (palazzi e strade).

## 3.2 Progettazione del modello

Il linguaggio di programmazione utilizzato per la progettazione del modello è Java; in particolare è stata utilizzata la programmazione ad attori, dove ogni evento è contraddistinto da un messaggio che gli attori stessi si scambiano: per esempio per la generazione degli utenti mobili o per varie situazioni in ambito di simulazione (sosta auto, situazione di rettilineo, rallentamento per curva ecc...) o per la creazione della copertura cellulare. Sono stati inoltre utilizzati dei Timer per la temporizzazione dei semafori.

### 3.3 Struttura della Mappa

La mappa ha una struttura toroidale, ovvero quando un utente mobile giunge su uno dei bordi della mappa, percorrerà la stessa strada dal lato opposto, nello stesso verso.

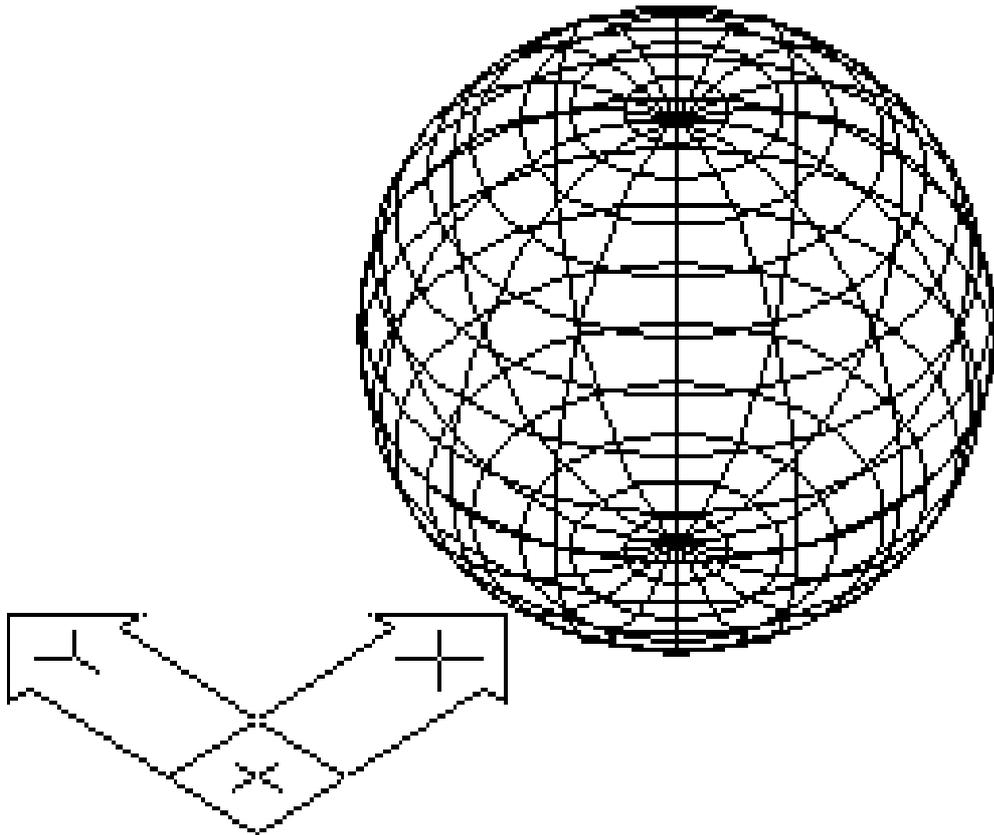


Figura 34. Esempio di Superficie Toroidale.

Come detto in precedenza, nella mappa sono presenti strade orizzontali e strade verticali; ciascuna di esse è a doppio senso di marcia e ciascun incrocio è gestito da 4 semafori, uno per ogni senso di marcia, che diventano verdi uno per volta. Ciascuna strada ha una corsia di base, usata per la marcia normale, e una corsia di sorpasso. Ai bordi di ogni strada sono presenti i marciapiedi sui quali circolano i pedoni. Da input vengono settati i valori di base e altezza della mappa, che è costituita dalla finestra grafica del simulatore, della larghezza della strada e anche del numero di strade orizzontali e verticali. In base a questi valori possono essere

settate anche le dimensioni, rispetto ad x e rispetto a y, degli edifici per mezzo delle seguenti formule:

$$Dim\_Edificio\_x=(BaseMappa-(NumStradeVert*larghStrada))/(NumStradeVert+1)$$

$$Dim\_Edificio\_y=(AltezzaMappa-(NumStradeOrizz*larghStrada))/(NumStradeOrizz+1)$$

Dove  $((NumStradeVert+1)*(NumStradeOrizz+1))$  costituisce il numero di edifici totali come si vede in questo esempio:

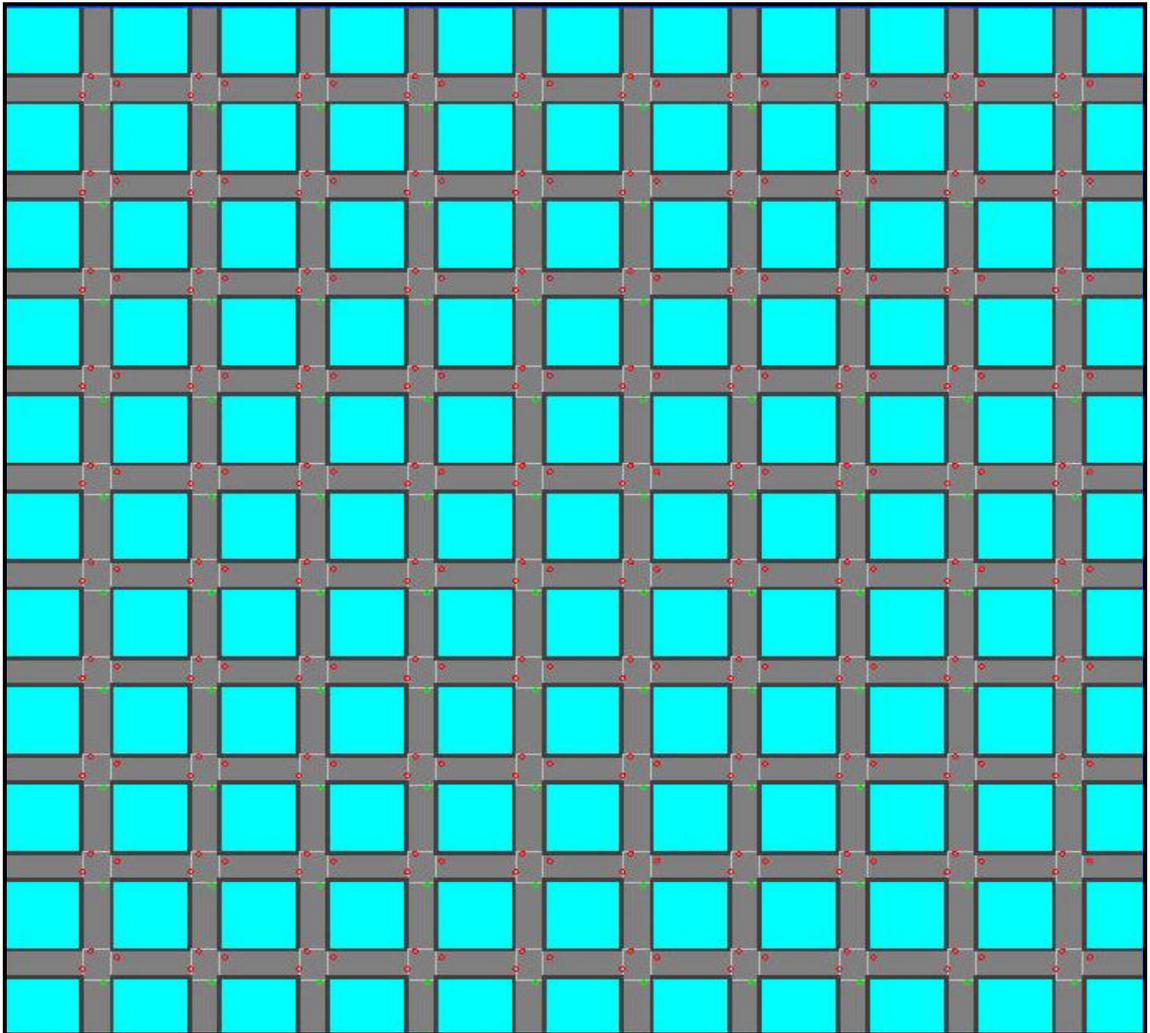


Figura 35. Struttura della mappa

### 3.4 I veicoli

Gli utenti mobili in considerazione nel modello Manhattan sono pedoni e veicoli (auto e mezzi di servizio). Ciascun veicolo deve circolare mantenendo strettamente la destra, quindi utilizzando la corsia base, e soltanto in caso di sorpasso potrà cambiare corsia. Essendo le strade a doppio senso di marcia, una volta che un

veicolo arriva ad un incrocio potrà andare in qualunque direzione, escludendo naturalmente il fatto che possa tornare indietro. Sono presenti due tipi di veicoli:

- *Civili*
- *Di servizio*

Le auto civili sono contraddistinte dal colore giallo e possono, a loro volta, dividersi in tre tipi:

- *Utilitarie*: che hanno una velocità massima di 8.33 m/s;
- *Berline*: che hanno una velocità massima di 17.33 m/s;
- *Sportive*: che hanno una velocità massima di 25 m/s.

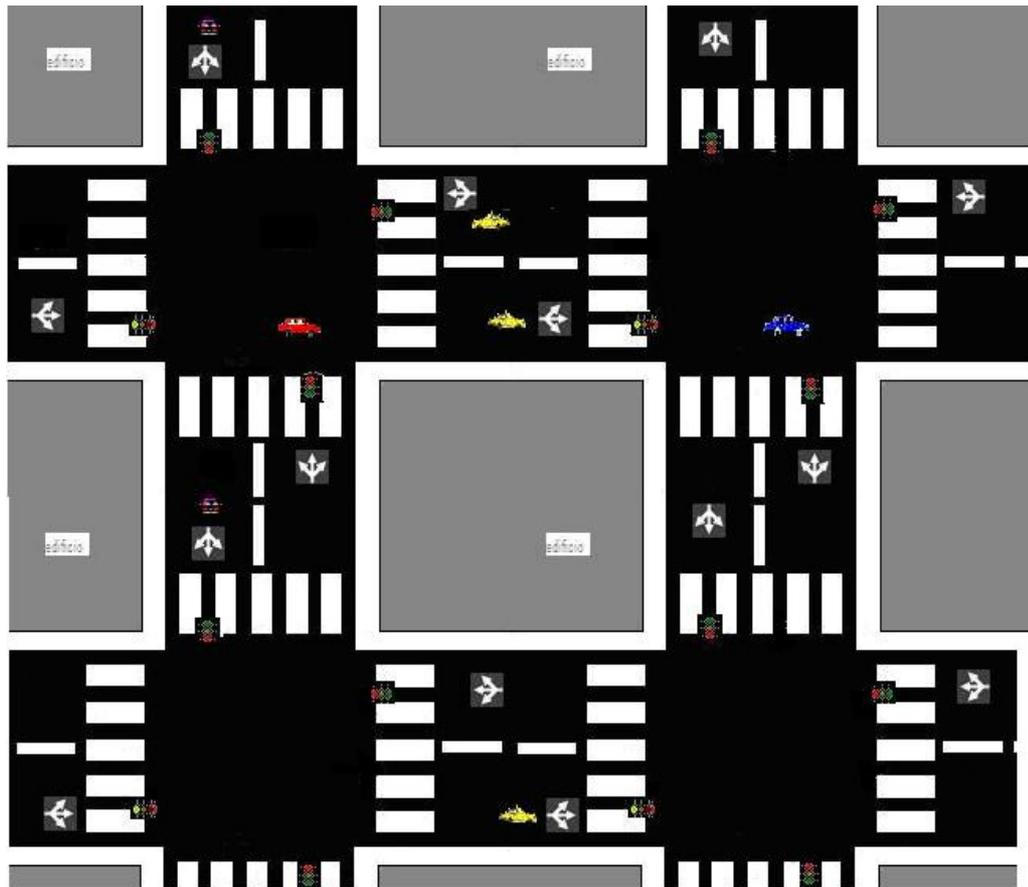
Graficamente tutte queste auto sono contraddistinte dal colore giallo e devono tutte rispettare i semafori che si trovano su ciascun incrocio della mappa stradale. I mezzi di servizio, invece, possono essere:

- *Auto della polizia*
- *Ambulanze*
- *Camionette dei vigili del fuoco*

Le prime sono graficamente contraddistinte dal colore blu, le ambulanze dal colore bianco, mentre le camionette dei vigili del fuoco dal colore rosso e tutte quante non rispettano i semafori simulando situazioni di emergenza. Oltre alla velocità massima, altri parametri caratteristici dei veicoli sono dati da:

- *Accelerazione massima*: compresa tra 1.5 e 3.5 m/s<sup>2</sup>
- *Decelerazione massima*: compresa tra -7 e -10 m/s<sup>2</sup>
- *Velocità intenzionale*: compresa tra 5 e 25 m/s<sup>2</sup>

Ecco come possono essere disposti i veicoli lungo gli incroci e le possibili direzioni che possono prendere:



**Figura 36. Struttura degli incroci e delle possibili direzioni**

Di seguito saranno elencate le norme che le auto civili devono seguire ai fini del rispetto del codice stradale.

### **3.4.1 La distanza di sicurezza**

Ciascun veicolo, per evitare di tamponare il veicolo che lo precede, deve viaggiare sempre ad una certa distanza da esso: tale distanza è la *distanza di sicurezza*. Questo valore è variabile e dipende essenzialmente dalla velocità  $v$  dell'auto che segue e dalla sua decelerazione massima  $d_{\max}$  come si vede dalla seguente formula:

$$dist\_sicurezza = \frac{v^2}{2 \cdot d_{\max}}$$

### **3.4.2 Veicolo che si avvicina ad un incrocio**

Un veicolo che si avvicina ad un incrocio può andare in tre diverse direzioni: sinistra, destra o dritto. Se il veicolo deve svoltare deve necessariamente rallentare prima di poter effettuare una curva. E' stato così stabilito che la velocità con la

quale un veicolo deve affrontare una curva deve essere pari a 8 m/s (*velocità di curvatura*). Questo vuol dire che ciascun veicolo deve subire una decelerazione che lo porti alla velocità di curvatura, tale decelerazione è data da:

$$dec = \frac{2 \cdot V_{in} (V_c - V_{in}) + (V_c - V_{in})^2}{2 \cdot d}$$

Dove  $V_c$  è la velocità di curvatura,  $d$  è la distanza dell'auto dall'incrocio e  $V_{in}$  è la velocità iniziale.

### 3.4.3 Comportamento di un'auto in prossimità del semaforo rosso

In prossimità del semaforo le auto civili si fermeranno se, nel momento in cui il semaforo diventa rosso, esse non si trovano troppo vicine all'incrocio, altrimenti le auto passeranno comunque essendo costrette a frenare bruscamente. Se questo non avviene basterà un decelerazione pari a:

$$dec = \frac{V^2}{2d}$$

Dove  $V$  è la velocità iniziale e  $d$  è la distanza dall'incrocio. Tale decelerazione sarà impressa solo se l'auto civile si trova ad una distanza dall'incrocio pari a quattro volte la distanza d'arresto.

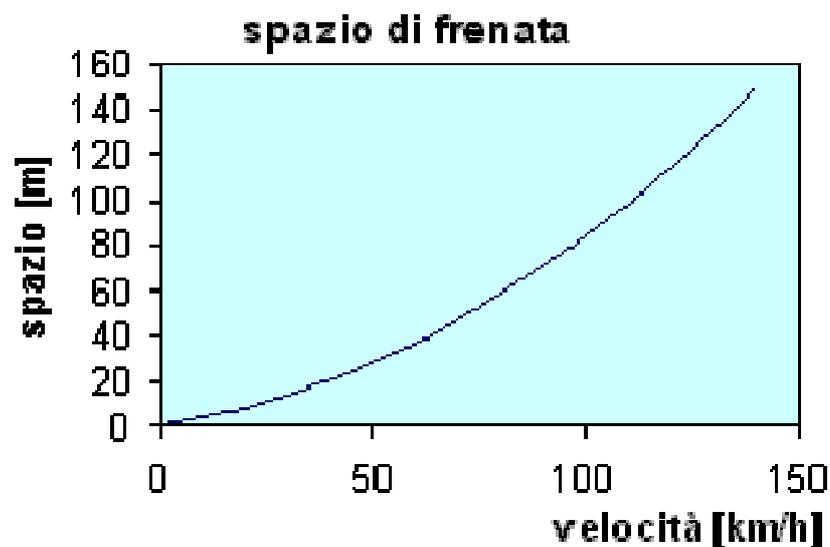


Figura 37. Grafico dello spazio di frenata rispetto alla velocità