Progetto di
Calcolo Parallelo e Distribuito
Corso di Laurea in Tecnologie Informatiche
Anno accademico 2003/2004

1 Scopo del Progetto

La simulazione di flussi di traffico stradale è un problema estremamente complesso, sia per l'elevato numero di fattori da tenere in considerazione, che per l'alto numero di veicoli da considerare per ottenere una buona simulazione. Il problema è stato recentemente affrontato mediante l'utilizzo di *automi cellulari* definendo così una *microsimulazione*, che permette di simulare il comportamento di ogni singolo veicolo, la sua capacità di adattamento alle caratteristiche della strada e del traffico, l'interazione con i veicoli vicini. Questo approccio richiede una capacità di calcolo notevole se si vuole simulare il comportamento di un numero realistico di veicoli.

Il progetto richiede di realizzare *un automa cellulare per la microsimulazione del traffico stradale*. In un automa cellulare lo spazio ed il tempo vengono discretizzati. Ogni cella dell'automa rappresenta un segmento di strada di una lunghezza pari alla lunghezza massima di un autoveicolo. Ogni cella può essere libera o occupata al massimo da un veicolo. Lo stato di ogni cella registra se la cella è occupata, le caratteristiche del veicolo presente in essa (ad esempio velocità, lunghezza, etc...). Ogni auto è caratterizzata, in ogni istante, da una velocità v, $0 \leq v \leq vmax$. La velocità indica, in ogni istante, il numero di celle che il veicolo può percorrere in un intervallo di tempo.

Consideriamo una strada ad una sola corsia, a senso unico. Il numero di celle che ogni veicolo può percorrere in una unità di tempo dipende dalla sua velocità e dalla distanza dall'auto che lo precede. Sia $x(i)$ la posizione dell'i-esimo veicolo, $v(i)$ la sua velocità e $g(i)$ il gap tra l'i-esimo veicolo e l'i+1-esimo veicolo $g(i) = x(i+1) - x(i) - 1$. La dinamica del sistema può essere modellata mediante il seguente semplice insieme di regole utilizzate, in generale, in questo tipo di simulazioni.

- *Accelerazione dei veicoli*
  Se $g(i) > v(i) + 1$ **and** $v(i) < vmax$, allora $v(i) = v(i) + 1$

- *Decelerazione dovuta ad altri veicoli*
  Se $v(i) > g(i)$, allora $v(i) = g(i)$

- *Movimento dei Veicoli*
  L'i-esimo veicolo viene avanzato di $v(i)$ celle, $x(i + 1) = x(i) + v(i)$

L'applicazione di queste regole è mostrata in Fig. 1, dove la velocità massima di ogni veicolo vale 4.

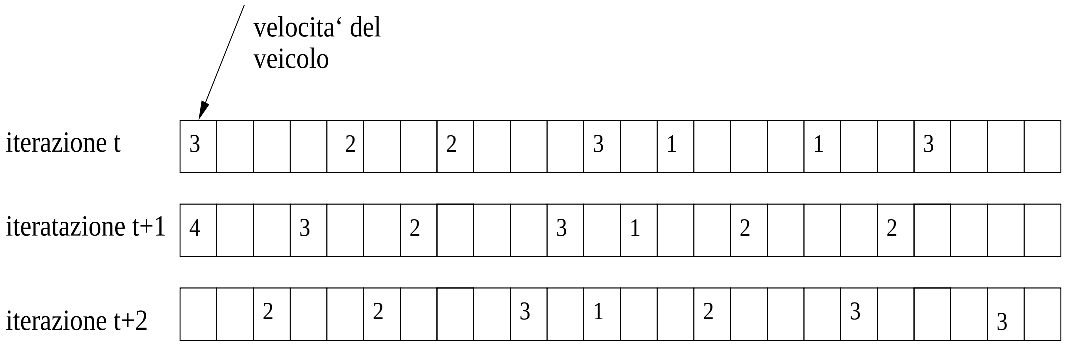

Figure 1: Movimento dei Veicoli

Per introdurre un fattore di casualità nel modello è possibile applicare un'ulteriore regola, prima dello spostamento dei veicoli.

$$\begin{array}{ll} v'(i) = max[0, v(i) - 1] & \text{con probabilità } p \\ v'(i) = v(i) & \text{con probabilità } 1 - p \end{array}$$

e quindi spostare il veicolo di $v'(i)$ posizioni.
La simulazione considera un intervallo di tempo T, discretizzato in Δt_1,... Δt_n. In ogni Δt_i, si spostano tutti i veicoli applicando le regole precedenti. Il movimento di ogni veicolo avviene considerando lo stato delle celle vicine nell'istante di tempo corrente.
Analogamente, possono essere modellati sistemi più complessi. Ad esempio è possibile modellare strade con più di una corsia e prevedere quindi il cambio di corsia, considerare una *rete di strade* e modellare il comportamento delle auto agli incroci. Altri aspetti possono riguardare i diversi tipi di terreno, l'entrata e l'uscita dei veicoli nelle strade(ad esempio da/verso un parcheggio), etc.

Si richiede di implementare un automa cellulare per la simulazione del traffico stradale. Considerare una rete stradate definita da più segmenti stradali connessi mediante dei punti di congiunzione che rappresentano incroci stradali. Ogni segmento contiene almeno due corsie, una per ogni senso di marcia. Il comportamento di ogni veicolo lungo un segmento stradale è descritto dalle regole definite precedentemente. Specificare un insieme di regole per definire il comportamento dei veicoli agli incroci. Per semplicità, si può definire un limite superiore al numero di segmenti stradali confluenti in un incrocio e si può stabilire che gli incroci vengano regolati da semafori.

2 Implementazione

Definire una implementazione parallela dell'automa cellulare descritto per un sistema a memoria distribuita rappresentando la rete stradale come un grafo in cui i nodi rappresentano gli incroci e gli archi i segmenti di strada. Il grafo deve essere opportunamente *partizionato tra i processi della applicazione.* Ogni processo p provvederà quindi al movimento dei veicoli nella propria partizione e dovrà interagire con ogni processo che possiede una zona confinante, per scambiare informazioni sui veicoli entranti/uscenti nella/dalla propria partizione.

L'applicazione parallela deve essere definita seguendo la metodologia illustrata a lezione. Come primo passo occorrerà decomporre il problema in *tasks* e definire una opportuna strategia di *assegnamento dei tasks ai processi* che consenta di bilanciare il carico tra i processi della applicazione.

La soluzione di base può essere arricchita inserendo la simulazione di altri aspetti legati al mondo reale. Ad esempio si può pensare a segmenti di strada composti da più corsie, considerare la possibilità del cambio di corsia per i veicoli, etc. L'implementazione di questi aspetti avrà ovviamente impatto positivo sulla valutazione finale del progetto.

3 Modalità di svolgimento del Progetto

Il progetto può essere svolto al massimo da due studenti e deve essere realizzato utilizzando il linguaggio $C + MPI$ sulla piattaforma *Backus*. Il materiale consegnato deve comprendere:

- una stampa di tutto il codice dello strumento e di eventuale programmi utilizzati per il test delle funzionalità dello strumento
- un insieme di prove significative per la valutazione della soluzione proposta. Si devono considerare almeno tre problemi di dimensione diversa e per ognuno occorre presentare curve di speed-up e di efficienza, motivando i risultati ottenuti
- una relazione che descriva tutte le scelte effettuate. L'organizzazione e la chiarezza dell'esposizione della relazione influiranno sul voto finale dell'esame

Il progetto deve essere consegnato via e-mail una settimana prima della data in cui si intende sostenere l'orale. (Gli appelli sono fissati per appuntamento, via e-mail).