

Introduzione alla simulazione

AA 2007/2008

emiliano.casalicchio@uniroma2.it

<http://www.uniroma2.it/didattica/MMI>

Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

Agenda

- I Fondamenti della Simulazione
 - Cosa è e a cosa serve
- Concetto di Sistema
- Metodi per studiare il comportamento di un sistema
- Confronto tra modelli matematici e modelli simulativi
- Meccanismi di avanzamento del tempo

Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

I fondamenti (1)

- Per studiare scientificamente un Sistema è spesso necessario fare delle assunzioni semplificative riguardo al suo funzionamento
- L'insieme delle assunzioni esemplificative fatte sul funzionamento di un sistema, che vengono espresse sotto forma di relazioni logico-matematiche, costituiscono un modello del sistema

- Modellare un sistema significa rimpiazzarlo con qualcosa che sia
 - più semplice e/o facile da studiare,
 - equivalente al sistema originale in tutti i particolari aspetti importanti.

Simulation techniques for discrete event systems, I.Mitrani, Cambridge university press

Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

I fondamenti (2)

- Studieremo come Simulare il comportamento di un processo/sistema reale.
 - simulare significa imitare le operazioni di vari tipi di risorse o processi reali (*Sistema = insieme di risorse e/o processi*)
- Una simulazione e' un sistema che rappresenta o emula nel tempo, il comportamento di un altro sistema. In una simulazione eseguita da un elaboratore il sistema che emula e' un programma, il sistema emulato è detto sistema fisico

Simulation modeling and analysis, A.M.Law and W.D.Kelton, McGraw Hill Int.

Parallel and distributed simulation systems, R.Fujimoto, John Wiley & Sons

Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

Campi di impiego della simulazione

- Pianificazione della "capacità" – dimensionamento - di un sistema di elaborazione
- Progettazione di sistemi di comunicazione (RETI) e protocolli di comunicazione
- Progettazione ed analisi di sistemi manifatturieri

- Studio dei sistemi complessi: sistemi critici, infrastrutture critiche
- Analisi di sistemi economici e finanziari
- Analisi di sistemi biologici

Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

Sistema (1)

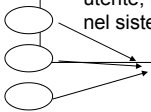
- Un sistema è una collezione di entità (persone, dispositivi HW/SW, processi) che agiscono e interagiscono per realizzare un obiettivo comune.
- In base al numero di componenti, un sistema può essere
 - Semplice (10-100)
 - Complesso (>=1000)
- Nella modellazione di un sistema occorre tener conto di due cose:
 - le entità
 - le interazioni tra le entità

Sistema (2)

- Lo stato di un sistema è la collezione delle variabili necessarie per descrivere il sistema in un dato istante, relativamente agli obiettivi di uno studio.
 - La complessità di un modello dipende anche dalla dimensione del suo stato, ossia da quante variabili occorrono per descriverlo

ES:

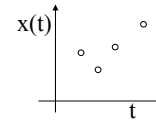
Sistema: un server Web ed utenti Web;
Scopo dello studio: determinazione del tempo medio di servizio degli utenti
Stato: numero di utenti in coda, tempo di servizio di un utente, tempo di interarrivo degli utenti, tempo di residenza nel sistema (servizio+coda) di un'utente



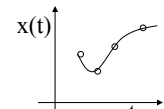
Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

Sistema (2)

- Discreto: le variabili cambiano valore istantaneamente, ed il tempo è discretizzato. $x(t)$ è una funzione discreta

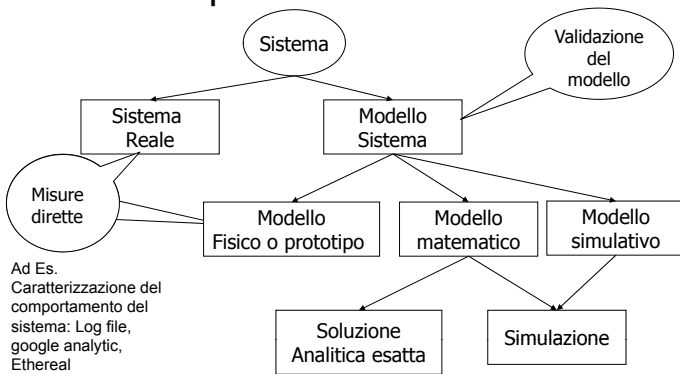


- Continuo: le variabili cambiano valore continuamente nel tempo, ed è definito il loro valore in ogni istante di tempo. $x(t)$ è una funzione continua.



Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

Metodi per studiare un sistema



Ad Es.
 Caratterizzazione del comportamento del sistema: Log file, google analytic, Ethereal

Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

Modello fisico vs modello matematico

- Modello fisico (o modello iconico): viene creato un prototipo del sistema per studiare alcuni aspetti. Il modello fisico può essere realizzato in scala oppure in dimensioni reali
- Modello matematico: rappresenta il sistema in termini di relazioni logiche e quantitative.
 - Tali relazioni vengono manipolate e cambiate per vedere come reagisce il modello, e se questo è validato come reagisce il sistema.

Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

Esempio di modello matematico

- coda M/M/1
 - Arrivi poissoniani,
 - tempo servizio esponenziale,
 - server singolo,
 - coda infinita,
 - popolazione client infinita.

$$\pi_0 = \left[\sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \right]^{-1} = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 1 - \rho$$

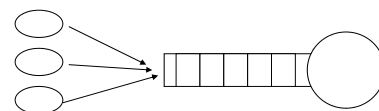
$$\pi_k = \pi_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu} \right) \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k$$

$$N = \sum_{k=0}^{\infty} k \pi_k = \frac{\rho}{1 - \rho}; \quad X = \lambda; \quad R = \frac{N}{X} = \frac{1/\mu}{1 - \rho};$$

Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

Esempio

- Modello Simulativo
 - Facility (Centro di servizio + coda)
 - Misura attiva di p_0 , p_k , N , R
 - Possibilità di scegliere come voglio il processo degli arrivi (non sono legato ad una particolare distribuzione)
 - Possibilità di definire il comportamento di ogni singolo utente
 - Libertà nella scelta della disciplina di servizio



Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

Soluzione analitica vs soluzione simulativa

- Soluzione analitica: se il modello è semplice, è possibile
 - manipolare le relazioni matematiche per ottenere una soluzione esatta in forma chiusa, o
 - È possibile risolvere numericamente le relazioni matematiche

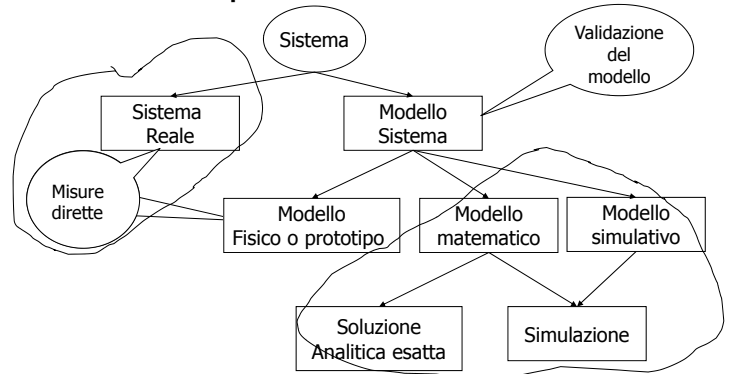
$$\pi_0 = \left[\sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \right]^{-1} = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 1 - \rho; \pi_k = \pi_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu} \right) \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k$$

$$N = \sum_{k=0}^{\infty} k \pi_k = \frac{\rho}{1 - \rho}; \quad X = \lambda; \quad R = \frac{N}{X} = \frac{1/\mu}{1 - \rho};$$

- Soluzione simulativa: quando è troppo costoso applicare la soluzione analitica, oppure quando il modello analitico del sistema non è rappresentativo

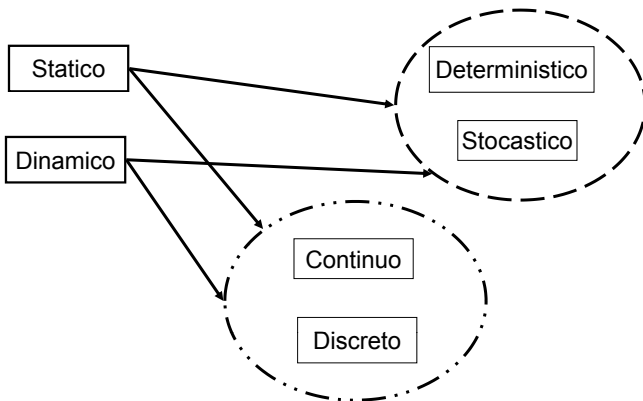
Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

Metodi per studiare un sistema



Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

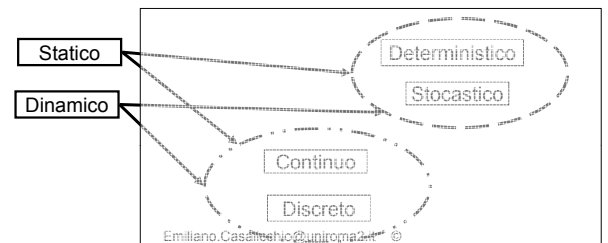
Modelli Simulativi



Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

Modelli simulativi: Statico vs Dinamico

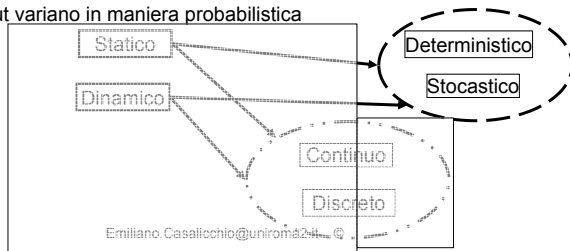
- Statico: rappresenta un sistema in un determinato istante di tempo
 - Può essere usata per modellare un sistema invariante rispetto al tempo (es. rete elettrica in equilibrio)
- Dinamico: rappresenta un sistema che evolve nel tempo



Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

Modello Simulativo Deterministico vs Modello Simulativo Stocastico

- Deterministico: non contiene componenti probabilistiche,
 - fissato l'input l'output è determinato
 - Ad es. usato per riprodurre eventi già avvenuti.
- Stocastico: contiene componenti probabilistiche,
 - tipicamente i parametri di input sono variabili stocastiche
 - l'output variano in maniera probabilistica



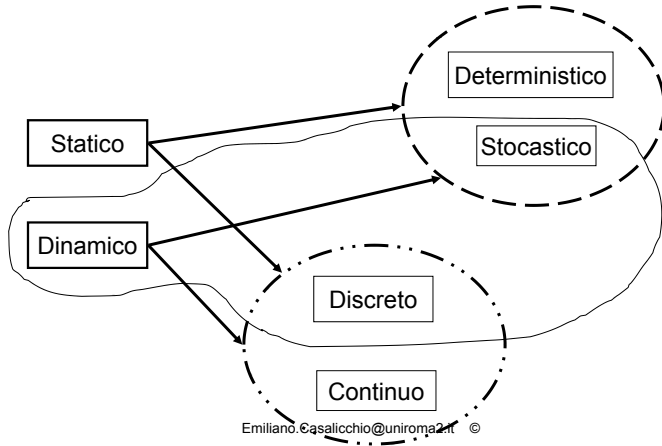
Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

Modello Simulativo Continuo vs modello Simulativo Discreto

- Continuo: consiste tipicamente nella soluzione analitica (esatta) o numerica (approssimata) di equazioni differenziali.
- Discreto: modellazione di un sistema che evolve nel tempo ed in cui le variabili cambiano istantaneamente ad istanti di tempo separati
- Non necessariamente un sistema discreto è modellato mediante un modello discreto, un sistema continuo mediante un modello continuo, e viceversa.
 - Modello di traffico:
 - ogni singolo pacchetto trattato singolarmente, mi occorre un modello discreto.
 - Pacchetti trattati in maniera aggregata, come flussi, posso utilizzare un modello continuo

Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

Noi tratteremo:



Il tempo

- Ci sono differenti nozioni di tempo che vanno considerate
 - Tempo fisico (T)
 - Tempo simulato (Ts)
 - Wallclock time (Tw)
 - Ad esempio: simulazione del traffico nella rete dati del campus di Tor Vergata nel mese di Marzo 2006:
 - Tempo fisico: 1 Marzo-31 Marzo 2006
 - Tempo simulato: se vogliamo studiare il sistema con una granularità dell'ordine dei millisecondi, il tempo simulato sarà $31 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 1E+3 \text{ msec} = 2\ 678\ 400\ 000 \text{ msec}$.
 - Se la simulazione dura 20 minuti e verrà eseguita a partire dalle 15:00 del 25 Febbraio 2007, il Wallclock time varierà tra il 25 Feb.2007 ore 15:00 al 25 Feb.2007 ore 15:20

Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

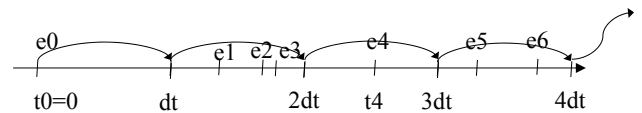
Il tempo

Il tempo simulato può avere diverse relazioni con il wallclock time.

- Ts avanza come Tw nella *simulazione real-time*
- Ts avanza come $a \cdot Tw$ nella *simulazione scaled-real time*
 - Nella simulazione real-time e scaled real-time vale la relazione $T_s = T_{start} + a (T_w - T_{w,start})$
 - Dove T_{start} è il istante di inizio della simulazione in termini di simulation time e $T_{w,start}$ è l'istante di inizio della simulazione in termini di wallclock time.
- Ts non ha nessuna relazione specifica con Tw nella *simulazione as-fast-as possible*
- I meccanismi di avanzamento del tempo simulato possono essere di 2 tipi
 - Fixed increment time advance (o Time Stepped)
 - Next event time advance (o Event Driven)

Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

Fixed increment time advance

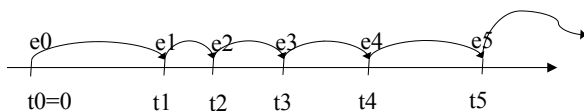


La simulazione avanza ad intervalli di tempo prefissati distanti dt.

- In dt possono occorrere 0 o + eventi
- Tutti gli eventi che si verificano tra t e $t_1 = t + dt$ occorreranno al tempo t_1 .
 - $\{(e1,2dt), (e2,2dt), (e3,2dt), \{(e4,3dt), \{(e5,4dt), (e6,4dt)\}\}$
- A t calcolo tutti gli eventi verificatisi in $[t-dt, t]$ ed aggiorno lo stato del sistema
- Avanzo il tempo a $t+dt$

Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

Next-event time advance



A t_0 , dopo che l'evento e_0 è occorso,

- Determino gli eventi successivi ed i relativi istanti di occorrenza, ad esempio $\{(e1,t1), (e2,t2), (e3,t3), (e4,t4)\}$
- Individuo l'evento che si verificherà per primo, ad esempio e_1 ed avvanzerò il tempo di simulazione all'istante t_1 .
 - Aggiorno lo stato del sistema
 - Aggiorno la lista degli eventi (nuovi eventi potrebbero essere stati determinati)

Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

Discrete-event simulation

- Modellazione di un sistema che
 - evolve nel tempo
 - le variabili di stato cambiano istantaneamente in istanti di tempo separati
 - lo stato del sistema può cambiare solo un numero contabile di volte nel tempo
- L'evoluzione del sistema è determinata dal verificarsi degli EVENTI.
- Un evento è un'occorrenza istantanea che POTREBBE cambiare lo stato del sistema
 - Non necessariamente l'occorrenza di un evento cambia lo stato del sistema. Ad esempio un evento può essere usato per
 - Schedulare il termine della simulazione ad un determinato istante di tempo
 - Schedulare una decisione circa un'operazione di sistema
- L'avanzamento del tempo utilizzato è: Next event time advance

Emiliano.Casalicchio@uniroma2.it ©

Bibliografia

- M.Low, W.D.Kelton, "Simulation Modeling and Analysis", McGraw Hill Int.
- R.M. Fujimoto, Parallel and Distributed Simulation Systems, John Willey and Sons.