

SIMULAZIONE di SISTEMI A.A. 2020/2021

Titolare prof. Lorenzo Donatiello

Il corso verrà tenuto on line su piattaforma Teams

Orario delle Lezioni:

Lunedì: 09.00-12.00;

Mercoledì: 09.00-12.00.

Scopo del corso

Il corso vuole presentare la simulazione digitale quale metodologia per progettare, analizzare e convalidare modelli di sistemi complessi.

Aspetti di base riguarderanno la creazione di modelli di simulazione di sistemi complessi, la realizzazione di simulatori e l'analisi dei dati prodotti dal simulatore.

Il corso intende introdurre anche i concetti fondamentali della simulazione distribuita e della simulazione basata su agenti e discuterne alcune applicazioni.

Prerequisiti

Programmazione in C, C++, Java

Conoscenze di base di calcolo delle probabilità e statistica

Programma del corso

Sistemi e Modelli:

definizione e classificazione di sistemi e modelli, modelli di simulazione discreta.

Generatori di numeri pseudocasuali, generazione di variabili casuali.

Pianificazione di uno studio di simulazione.

Tecniche di simulazione.

Analisi dei risultati di un esperimento di simulazione.

Verifica, convalida e testing di un modello di simulazione.

Ambienti di Simulazione.

Paradigmi di simulazione distribuita.

Introduzione alla simulazione basata su agenti.

Modelli di Simulazione e Realtà Virtuale/Aumentata

Testi di riferimento e consultazione

- [1] A.M. Law, W.D. Kelton, *Simulation Modeling and Analysis*, Mac Graw-Hill, 1982.
- [2] K.S. Trivedi, *Probability and Statistics with Reliability, Queueing and Computer Applications*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA, 1982.
- [3] J.Banks, J.S. Carson, B. L. Nelson, D. Nicol. *Discrete-Event System Simulation*, Prentice Hall, 2010.
- [4] R. Fujimoto, *Parallel and Distributed Simulation* , Wiley Interscience, 2000.
- [5] G. Iazeolla, *Principi e Metodi di Simulazione Discreta*, Franco Angeli, 2010.
- [6] Christos G. Cassandras, S. Lafortune, *Introduction to Discrete Event Systems*, Springer, 2006.

Modalità di esame:

- Seminario da concordare con il docente;
 - Assegnazione di progetto;
 - Consegna di una relazione;
 - Discussione dei risultati del progetto.
-
- Seminario da concordare con il docente;
 - Seminari verranno svolti **in aula** nel mese di dicembre, date da stabilire;
 - Valutazione: peso pari al 30% .
-
- Assegnazione di progetto;
 - Consegna di una relazione;
 - Discussione dei risultati del progetto.

Modelling and Simulation:

Modellare e simulare il comportamento di sistemi complessi, reti sociali, protocolli di comunicazione, architetture software, reti di sensori, sistemi mobili, etc.

Obiettivo dello studio di simulazione:

stimare prestazioni e affidabilità dei sistemi anche in fase di progetto;

prevedere e controllare stati critici,
Analizzare interazioni tra componenti del sistema

Digital Virtual Environments (DVEs)

Realizzare esperienze di Realtà Virtuale in vari contesti

Strumenti:

Piattaforme di simulazione quali OMNeT++, ns2 e NetLogo Repast (simulazione basata su agenti);

Ambienti software per l'analisi statistica di dati: R, Python.

Dispositivi: visori VIVE HTC per Realtà Virtuale Immersiva 3D, Hololens (Mixed Reality)



SIMULAZIONE

A.A. 2018/2019

- Menzogna;
- Inganno;
- Falsità.

Introduzione

- Definizione di simulazione:
- Progettazione e realizzazione di un modello di un sistema in grado di imitare il comportamento del sistema reale;
 - **Sistemi dinamici;**
 - **Imitazione delle operazioni eseguite nel tempo da un sistema o processo reale;**

Introduzione

- Esecuzione di esperimenti sul modello;
- Analizzare il comportamento del sistema;
- Studiare e valutare alternative

Introduzione

- **Traffico Aereo**
- **Efficienza e sicurezza del sistema di trasporto aereo**
- **minimizzare ritardi dei viaggiatori**
- **Internet**
- **Progetto di nuovi protocolli di comunicazione**
- **valutazione costo/prestazioni**
- **Sistemi di produzione**

Introduzione

- Simulazione analitica
 - **analisi quantitativa del sistema simulato**
 - **cycle time di un aereo**
 - **tempo necessario per un file transfer**
 - **prestazioni di un protocollo**
 - **analisi di un sistema soft real-time**
 - **prestazioni di un web servers system**
 - **affidabilità di un sistema critico**

Introduzione

- Creazione di Ambienti Virtuali
 - interazione tra "umani" e mondo simulato
 - realtà aumentata
 - training
 - interactive games
 - Internet communities

Introduzione alla Simulazione

- Concetti di Modeling
 - **Sistemi vs. modelli**
 - **Variabili di stato del sistema**
 - **eventi**
 - **Entità e attributi**
 - **Risorse**
 - **Gestione di liste**
 - **Attività e ritardi**
 - **Modelli di simulazione a eventi discreti**

Introduzione alla Simulazione

- Modello: astrazione o rappresentazione di un sistema reale
 - Analisi del sistema e isolamento delle caratteristiche da includere nel modello
 - Complessità: commisurata alle necessità dell'analisi
 - Semplicità: favorisce implementazione corretta e prestazioni del simulatore
 - Fedeltà: fornisce dati realmente descrittivi
 - Approssimazione: trade-off con semplicità
 - Tempo simulato vs. “wall-clock time”

Introduzione alla Simulazione

Modello deterministico/probabilistico

deterministico: $\text{output}(\text{input } k) = x$

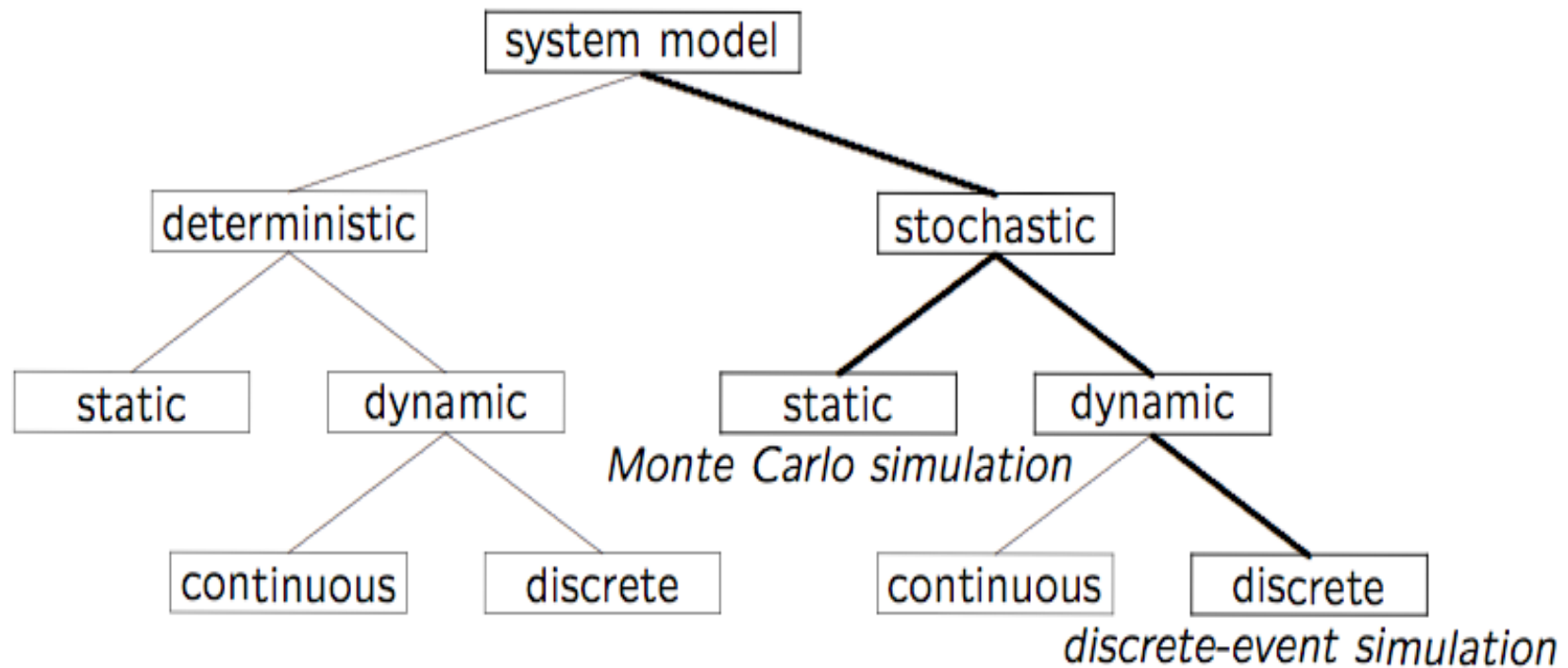
probabilistico: $\text{output}(\text{input } k) = x_1, x_2, x_3 \dots$

Modello statico/dinamico

statico: lo stato non dipende dal tempo

dinamico: lo stato dipende dal tempo

Model Taxonomy



Introduzione alla Simulazione

Modello di simulazione discreta:

Stocastico: almeno una variabile è
stocastica (v.c.);

Dinamico: lo stato varia nel tempo;

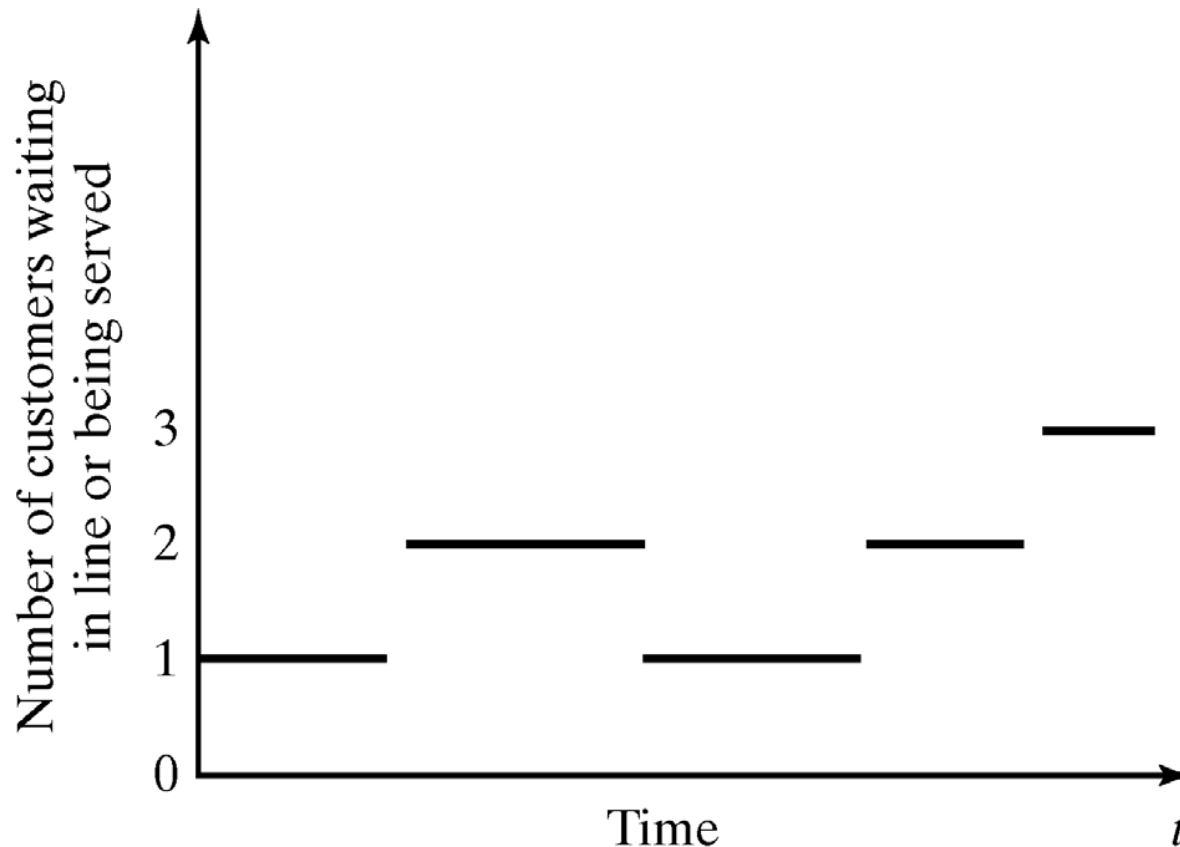
Eventi discreti: eventi si verificano a
istanti di tempo discreti

Introduzione alla Simulazione

- Variabili di stato del sistema
 - variabili che descrivono lo stato del sistema al tempo (simulato) t , e al livello di definizione sufficiente per l'analisi
 - permettono di interrompere e riprendere la simulazione
 - Sono strutture dati del modello

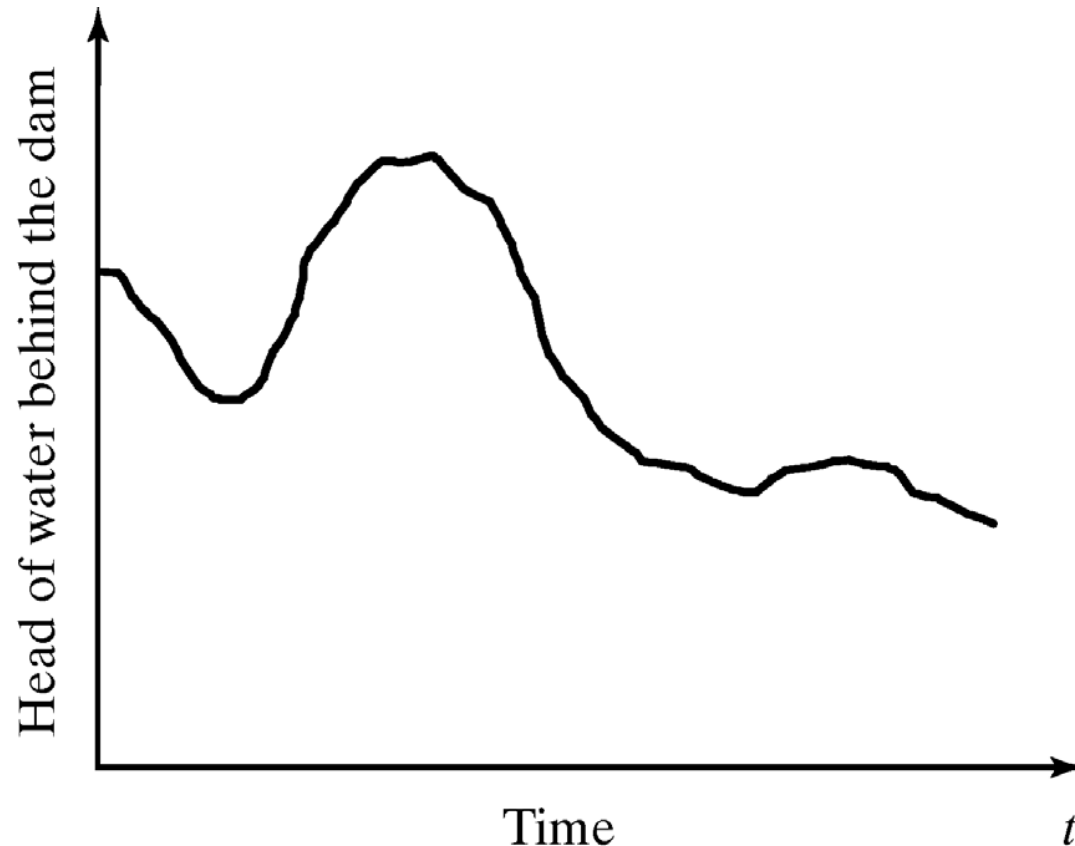
Discrete and Continues Systems

- A **discrete system** is one in which the state variables change only at a discrete set of points in time : Bank example



Discrete and Continues Systems (cont.)

- A continues **system** is one in which the state variables change continuously over time: Head of water behind the dam



Introduzione alla Simulazione

- Evento
 - un cambiamento nello stato del sistema
 - avviene al tempo simulato t
- Evento interno (endogeno)
 - Riguarda variabili interne al modello
 - Es. inizio di un servizio di un job in coda
- Evento esterno (esogeno)
 - Riguarda variabili esterne al modello
 - Es. arrivo di un nuovo utente in coda

Introduzione alla Simulazione

- Entità
 - Oggetti esplicitamente definiti nel modello
 - Dinamici (es. clienti) o statici (es. server)
 - Possono competere per ottenere le risorse ed essere accodati nelle corrispondenti code di attesa
- Attributi
 - Sono valori locali delle entità
 - Es. tempo di arrivo del cliente, velocità di servizio del server

Introduzione alla Simulazione

- Risorse
 - Sono entità che forniscono servizi passivi o attivi ad entità dinamiche (che possono richiedere una o più unità della risorsa)
 - Le risorse richieste, se occupate, possono determinare un'attesa in coda
 - Possono fornire servizi in parallelo (server parallelo)

Introduzione alla Simulazione

Tipi di simulazione

(Emulazione): simulazione che coinvolge componenti del sistema HW e firmware

Introduzione alla Simulazione

Tipi di simulazione

MonteCarlo simulation:

- non esiste l'asse del tempo

- serve a modellare fenomeni che non cambiano nel tempo

- richiede generazione di valori pseudo-casuali

- es. calcolo di integrali, calcolo di Pigreco, ecc.

Introduzione alla Simulazione

Pianificare uno studio di simulazione

Formulazione del problema

Definizione degli obiettivi

- Astrazione del modello concettuale
- Raccolta dei dati

Traduzione del modello

Verifica

Validazione

Progetto degli esperimenti di simulazione

Esecuzione e analisi dei dati: sufficiente accuratezza?

Documentazione e presentazione dei dati

Implementazione reale del sistema

Introduzione alla Simulazione

Formulazione del problema

Definire e verificare la corretta e completa formulazione del problema attraverso un dialogo tra cliente e analista

Definire le assunzioni delle specifiche e delle definizioni del sistema adottate

Introduzione alla Simulazione

Definizione degli obiettivi

Preparazione di una proposta

Obiettivi:

- Definire le risposte attese dalla simulazione

- Definire gli scenari oggetto di indagine

- Definire i tempi necessari

- Definire le risorse necessarie

- Definire i costi

- Definire le fasi dell'analisi

Introduzione alla Simulazione

Astrazione del modello concettuale

Relazioni logiche, matematiche e causali delle componenti e strutture del sistema

Metodologia Top-Down

Partire dalle cose semplici ed estendere il modello fino a raggiungere il grado di complessità descrittiva necessario

Complessità descrittiva non necessaria all'analisi
aumenta rischio di errori, costi e tempi

Coinvolgimento del “cliente” nella costruzione del modello

Introduzione alla Simulazione

Traduzione del modello

Il modello concettuale ottenuto viene codificato in una forma interpretabile dal calcolatore, ottenendo un modello operativo

Introduzione alla Simulazione

Raccolta dei dati

Analisi e indagine sui dati che caratterizzano il modello

le discipline di accesso e servizio

i tempi medi di permanenza, attesa e servizio

Le distribuzioni di probabilità

Introduzione alla Simulazione

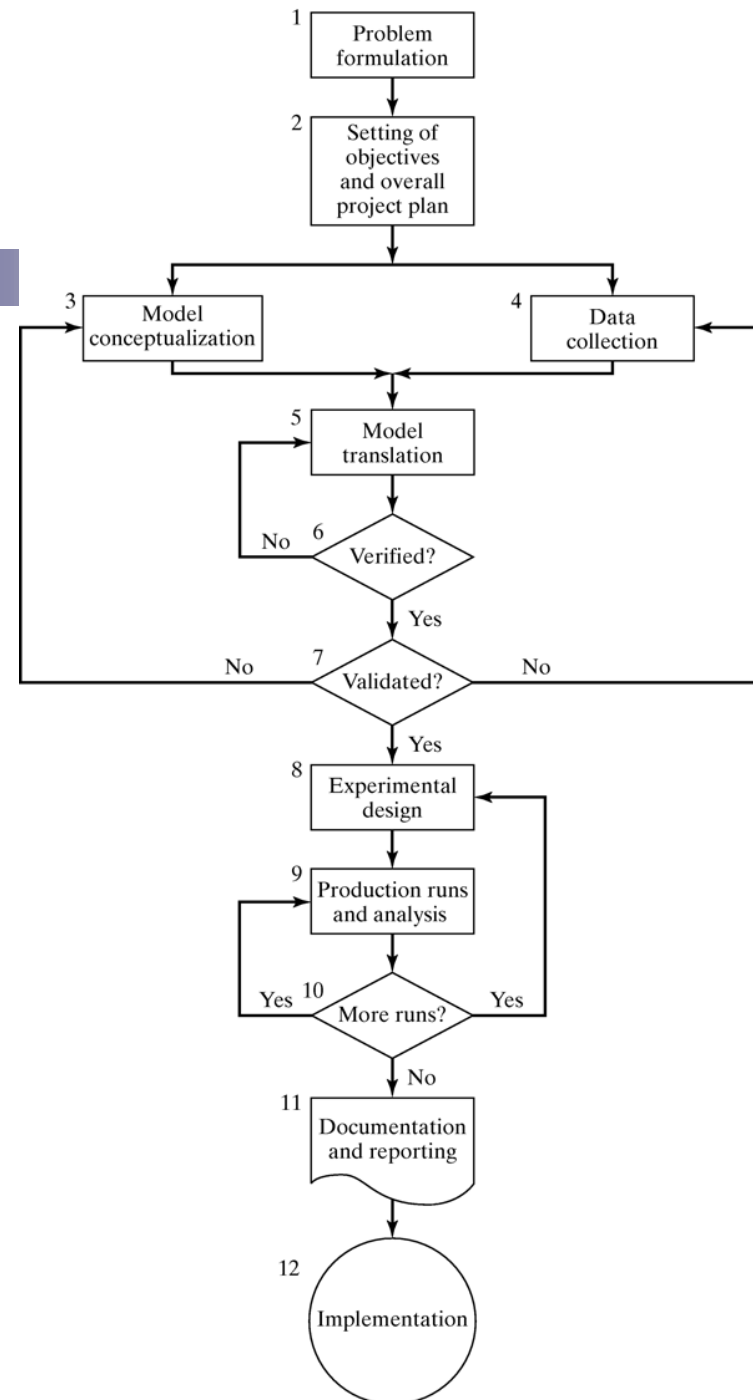
Verifica:

Verifica della coerenza tra modello concettuale e programma che lo implementa;

Validazione:

Verifica delle coerenza tra modello concettuale e sistema da analizzare

Steps in Simulation Study



Tempo in Simulazione

- Tempo
 - **reale** : tempo del sistema da simulare
 - **simulato** : tempo rappresentato nel modello (clock : variabile del modello il cui valore è il tempo simulato corrente)
 - **di esecuzione** : tempo di elaborazione del programma di simulazione
- Nota: il tempo di esecuzione dipende dalle componenti del modello e dalla complessità dei cambiamenti di stato rappresentati, e non dalla scala del tempo simulato.
- Contrazione / espansione temporale
 - Rappresentazione dell'evoluzione temporale (clock)

Avanzamento del tempo

- Meccanismi di avanzamento del tempo in simulazione
 - **per intervalli fissi** (*unit-time*): si incrementa il clock di una quantità fissa Δ e si esamina il sistema per determinare gli eventi che devono aver luogo per i quali si effettuano le necessarie trasformazioni
 - tratta tutti gli eventi con tempo di occorrenza $t_i \in (t, t+\Delta]$
 - Problema: scelta dell'incremento Δ
- Eventi con diversi tempi di occorrenza possono essere trattati come eventi simultanei
- Possibili intervalli vuoti

sim

- Meccanismi di avanzamento del tempo in simulazione:
- Avanzamento del tempo: **per eventi** (*event-driven*)
- Il **clock** viene inizializzato al valore 0:
- Gli eventi di cui si conosce il tempo di occorrenza vengono inseriti in modo ordinato in una lista: (**lista degli eventi**)
- si incrementa il clock fino al tempo di occorrenza del prossimo (primo) evento, poi a quello successivo, ecc.
- La gestione di eventi induce un cambiamento di stato e una modifica della **lista degli eventi**

sim

- Lo stato del sistema cambia solo al tempo di occorrenza degli eventi
- incrementi irregolari
- eventi simultanei solo se hanno lo stesso tempo di occorrenza
- evita tempi di inattività
- Il clock 'avanza' assumendo il valore del tempo di occorrenza dell'evento con tempo 'minore' (lista eventi)
- esempio: tempo di arrivo di un'auto
- Viene aggiornata [la lista degli eventi](#)

sim

- Esempio: arrivi e servizi ad un sergente:

utenti	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Arrivi tempo	1	3	4	10	17	18	19	20	27	29
Serv. tempo	5	4	1	3	2	1	4	7	3	1

- Costruiamo una tabella: eventi (tempo), stato del sistema, coda, lista eventi, statistiche
- A denota un evento di arrivo, and U un evento di uscita (2A arrivo dell'utente 2). Ipotizziamo che i servizi abbiano priorità sugli arrivi

sim

Clock (t)	Stato del sistema	Coda (utente, tempo arrivo)	Lista eventi (tempo, tipo)	Busy time	Tempo di permanenza
0	0	0	(1, 1A)	0	0
1	0	0	(3, 2A) (6,1U)	0	0
3	1	(2,3)	(4,3A) (6, 1U)	2	2
4	2	(2,3) (3,4)	(6, 1U)(10,4 A)	3	4
6	1	(3,4)	(10, 2U), (10,4A)	5	10
10	0	0	(10, 4A), (11,3U)	9	18

Introduzione alla Simulazione

Tipi di simulazione

Discrete-event simulation (DES)

simulazione che usa un modello del sistema a
tempo discreto

opposto di continuous-event simulation

può essere basata su stato continuo o discreto

Le variabili di stato cambiano solo in
corrispondenza ad eventi discreti, determinati
a loro volta da attività e ritardi.

Introduzione alla Simulazione

Strutture di modeling

Esistono essenzialmente quattro metodologie

Interazione tra Processi

Scheduling di Eventi

Scansione di attività

“Tre fasi”

Introduzione alla Simulazione

Simulazione per **Interazione tra Processi**

Il flusso di esecuzione di un processo in esecuzione emula il flusso di un oggetto attraverso il sistema

L'esecuzione procede finchè il flusso non viene bloccato o entra in una nuova attività

Attesa in coda, servizio (ritardo), sink

Quando il flusso di un'entità viene bloccato, il tempo simulato avanza al tempo di inizio previsto dalla prima successiva entità in esecuzione

Introduzione alla Simulazione

Simulazione per **scheduling di eventi**

Si avanza il tempo simulato al tempo dell'evento successivo (di solito il termine o l'inizio di un'attività)

Lista ordinata di eventi e scheduler di eventi

Il termine di un'attività coincide con la nuova allocazione di risorse rilasciate tra le entità in attesa e con lo scheduling di nuove attività causalmente determinate

Eventi

scheduler di eventi

mantiene struttura di lista ordinata per tempo simulato (multi-linked) di eventi futuri (schedulati, cancellati, rinviati, bloccati).

Gestisce l'avanzamento del tempo simulato

event-driven:

`clock` <-(tempo del prossimo evento il lista)

unit-time:

`clock`<- `clock`+ Δ Sono accaduti eventi?

Struttura dati Evento=(time, puntatore al codice della routine di evento)

La routine di evento aggiorna le var. di stato e la lista di eventi (inserisce, cancella, o rinvia eventi)

Introduzione alla Simulazione

routine di inizializzazione:

chiamate per prime, definiscono lo stato iniziale del sistema, gli stream pseudo-casuali, ecc.

Routine di gestione degli eventi

Report generator:

procedure che al termine della simulazione generano i dati di stima

routine di trace:

procedure per notificare eventi o stime a run-time

gestione dinamica della memoria e garbage collection

Introduzione alla Simulazione

Simulazione per **scansione attività**

- “due fasi” simili alla rule-based programming
- Condizione ok -> esecuzione azione
- Esiste un insieme di moduli in attesa di esecuzione
- Periodicamente si esegue test sulle condizioni che determinano esecuzione di eventi
- Esecuzione di eventi -> aggiorna variabili di stato

Introduzione alla Simulazione

Simulazione: metodologia in “**tre fasi**”

- Fase1: avanzamento del tempo simulato
- Fase2: rilascio risorse mantenute dalle attività che risultano terminate dopo l'avanzamento
- Fase3: esecuzione attività per le quali siano disponibili le risorse

Introduzione alla Simulazione

Tipi di simulazione

Trace-driven simulation:

simulazione basata su eventi ordinati per tempo
registrati dal sistema reale

pro:

credibile: non basata su ipotesi e distribuzioni di input
semplice validazione

nessuna assunzione sul workload e correlazione

buona analisi di sensitività

minori effetti di “randomizzazione” (varianza minore)

Il confronto tra sistemi è certamente fair

Introduzione alla Simulazione

Tipi di simulazione

Trace-driven simulation:

contro

- complessità del modello è maggiore (di solito)

- il trace è riduttivo in termini di rappresentazione dei carichi possibili (soprattutto per sistemi diversi)

- il trace è lungo e legato alla situazione in cui è registrato

- occorrono molti trace diversi per motivare e dimostrare i risultati

- comportamenti transienti devono essere registrati nel trace

- un trace diverso per ogni workload

Introduzione alla Simulazione

Agent Based Simulation