

## SLo I modulo: Simulazione

Conclusione e riepilogo del corso

Corso di Laurea in Informatica Applicata  
Università di Pisa, sede di La Spezia  
A.a. 2008/09, I semestre

## Contenuti

- Obiettivi del corso
- Conoscenze e capacità da acquisire
- Argomenti del corso, visione complessiva
- Richiami sugli argomenti principali
- Un esempio lungo un corso
- Il progetto didattico

## Obiettivi del corso

- Introduzione alla simulazione discreta
  - Modellazione di sistemi
  - Realizzazione di simulatori software
- Processo di simulazione
  - Analisi e definizione del modello, logico e stocastico
  - Traduzione del modello nel simulatore
  - Esecuzione della simulazione e analisi dei risultati
- Aspetti informatici
  - Modellazione con UML
  - Architetture dei simulatori, generazione di codice
  - Algoritmi per la generazione di numeri casuali

## Conoscenze e capacità

- Conoscenze
  - Contesto della simulazione
  - UML per la modellazione di sistemi discreti
  - Architetture dei simulatori discreti
  - Algoritmi per la generazione di numeri pseudocasuali
  - Elementi di statistica di base per l'analisi dei dati
- Capacità
  - Comprendere un modello di sistema specificato in UML
  - Generare il codice del simulatore da UML (con GS DSLibs)
  - Applicare semplici tecniche statistiche
  - Impostare e condurre esperimenti di simulazione

## Argomenti del corso

- Introduzione alla simulazione (3h)
- Modellazione di sistemi (18h)
  - Linguaggi specifici e linguaggi generali (UML)
  - Architetture dei simulatori legate a metodi di modellazione
  - Simulazione per eventi e per attività
  - Strumenti software specifici (GS DSLibs)
- Generatori di variabili casuali (6h)
  - Variabili casuali e distribuzioni
  - Generazione di numeri pseudocasuali (GS DSLibs)
- Tecniche statistiche per l'analisi dei dati (6h)
  - Dati di ingresso, validazione, studio delle distribuzioni
  - Analisi dei risultati, transitorio, riduzione della varianza

## Il processo di simulazione

- Decomposizione delle attività
  - Per identificare gli obiettivi
  - Per identificare le competenze
  - Per quantificare l'impegno, i tempi e i costi
  - È uno strumento di pianificazione
  - Non è un ciclo di vita, cioè una sequenza prescritta di fasi
- Attività principali
  - Formulazione del problema
  - Sviluppo e implementazione del modello
  - Definizione dei dati di ingresso
  - Verifica e validazione del modello
  - Esecuzione degli esperimenti

## Modellazione discreta

- Specifica per gradi di un sistema
  - Dalla comprensione all'implementazione del simulatore
- Concetti
  - Entità, classi, oggetti, attributi, insiemi
  - Eventi, attività
- Metodi
  - Definizione dei concetti, decomposizione e prospettive di analisi
  - Uso di una notazione
- Notazioni
  - Per l'analisi, la comunicazione, l'implementazione
  - Standard



## UML per la modellazione discreta

- Bozze, disegni e programmi
- Diagrammi delle classi
  - Entità (come tipi)
  - Attributi, per definire, mantenere e valutare lo stato
  - Metodi, per astrarre il comportamento
- Diagrammi degli oggetti
- Diagrammi delle macchine a stati
  - Eventi, come fatti che accadono a istanti di tempo definiti
  - Condizioni, per definire guardie sugli eventi
  - Attività, come calcoli accessori delle transizioni di stato



## Simulazione discreta per eventi

- Modellazione discreta per eventi, con UML
- Architettura generale di un simulatore
  - Motore di simulazione
  - Logica del modello (il codice da generare)
  - Strumenti (code, numeri pseudocasuali, registrazione dati ...)
- Motore per la simulazione discreta per eventi (GS DSLibs)
  - Architettura orientata agli oggetti
  - Agenda di eventi e motore
  - Eventi specializzati, metodo doAction()
  - Entità attive specializzate, metodo handle()
  - Priorità (dinamica), segnali, ritiro di eventi





## Modellazione stocastica

- Spazi di probabilità, variabili casuali, distribuzioni
- Le variabili casuali nella modellazione
  - Una variabile che non si può assegnare
  - Che rappresenta un valore nelle espressioni
  - Il valore non è mai noto, ma rispetta una legge di probabilità
- Distribuzioni
  - Funzioni di densità e di distribuzione, media, varianza
  - Discreta uniforme
  - Continue: esponenziale, normale, Weibull
- Metodi per la generazione di distribuzioni



Giovanni A. Cignoni - SLo1: Simulazione - [www.di.unipi.it/~giovanni/](http://www.di.unipi.it/~giovanni/)

10



## Generazione di valori pseudocasuali

- Ripetibilità degli esperimenti
  - Sequenze note che rispettano una distribuzione
  - Proprietà delle sequenze: cardinalità, periodo, qualità statistiche
- Generatori uniformi
  - Metodi congruenziali
  - Metodo del cappello e dell'inversa
  - Metodi specifici (Box & Müller)
- GS DSLibs
  - Architettura orientata agli oggetti
  - Generatori di base (PMMS, QD32)
  - Generatori generici



Giovanni A. Cignoni - SLo1: Simulazione - [www.di.unipi.it/~giovanni/](http://www.di.unipi.it/~giovanni/)

11



## Analisi dei dati in ingresso

- Modellazione dei dati stocastici
- Analisi dei dati
  - Validazione dei dati
  - Campioni e distribuzioni campionarie
  - Identificazione delle variabili casuali
  - Identificazione delle distribuzioni
  - Stima dei parametri
- Valutazione delle ipotesi
  - Intervallo di confidenza
  - Test di ipotesi



Giovanni A. Cignoni - SLo1: Simulazione - [www.di.unipi.it/~giovanni/](http://www.di.unipi.it/~giovanni/)

12

## Analisi dei dati di uscita

- Il vero obiettivo della simulazione
  - Costi e dimensione del problema
  - Importanza dei vari aspetti affrontati durante il corso
- Risultati come variabili casuali
  - Esecuzioni indipendenti
  - Stessi metodi di analisi
- Identificazione del transitorio
  - Come obiettivo a sé stante, o come parte dell'analisi
  - Tecniche di riduzione della varianza
  - Variabili antitetiche

## L'impiegato tormentato

- HClerk0, la formulazione originale
- Variazioni sul tema
  - HClerk1, politiche e dati in uscita
  - HClerk2a/2b, clienti impazienti, ritiro degli eventi
  - HClerk3, generazione dei clienti
  - HClerk4, uso delle variabili casuali
  - HClerk5, registrazione dei dati
- Caratteristiche della libreria
  - Modellazione per eventi
  - Modulare: codice locale e riuso

## Il progetto didattico

- Un progetto di simulazione completo
  - Comprendere un sistema e specificarne un modello
  - Realizzare il simulatore (C++) dal modello (UML)
  - Analizzare i dati, condurre esperimenti, analizzare i risultati
- Consegna n. 2
  - Eventuale versione aggiornata del modello UML
  - Simulatore del sistema deterministico
  - Documentazione delle prove rispetto al modello
- Consegna n. 3
  - Analisi dei dati, simulatore completato con le variabili casuali
  - Definizione degli esperimenti
  - Analisi dei risultati