Simulazioni di Reti e Protocolli

Michela Meo
Maurizio M. Munafò
Michela.Meo@polito.it – Maurizio.Munafo@polito.it

Copyright

Quest'opera è protetta dalla licenza *Creative Commons NoDerivs-NonCommercial*. Per vedere una copia di questa licenza, consultare:
http://creativecommons.org/licenses/nd-nc/1.0/
oppure inviare una lettera a:
Creative Commons, 559 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA.

This work is licensed under the *Creative Commons NoDerivs-NonCommercial*License. To view a copy of this license, visit:
http://creativecommons.org/licenses/nd-nc/1.0/
or send a letter to
Creative Commons, 559 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA.

Cosa significa simulare?

Simulare un sistema significa imitarne il comportamento nel tempo

- Imitiamo il comportamento del sistema tramite un programma al calcolatore
- Imitarne il comportamento vuol anche dire ricreare artificialmente la storia del sistema
- Dalla storia del sistema si possono poi dedurre varie informazioni sul sistema stesso

Cosa significa simulare?

- Le informazioni a cui siamo interessati sono
  - Informazioni di tipo prestazionale
  - Verifica di correttezza e funzionalità
  - Valutazioni di affidabilità
  - …

Cosa significa simulare?

- Gli obiettivi possono essere vari:
  - Progetto di un sistema
  - Dimensionamento di componenti di un sistema affinché soddisfi le specifiche richieste
  - Studio dell'effetto sulle prestazioni del sistema del potenziamento o miglioramento di componenti
  - Confronto di soluzioni diverse
  - …

Cosa significa simulare?

- La simulazione richiede lo sviluppo di un *modello di simulazione*
- Un modello di simulazione è costituito da un insieme di ipotesi sul sistema e sul suo comportamento
- Un modello descrive un sistema dinamico come un insieme di componenti che interagiscono tra loro secondo specifiche regole

Cosa significa simulare?

- Il sistema nelle sue componenti è descritto da *variabili di stato*
- Descrivere l'evoluzione del sistema si traduce nel descrivere le regole con cui il sistema cambia stato (ossia, le variabili di stato cambiano valore)
- Emulare il sistema e ricavarne la storia significa ricostruire la storia degli stati visitati dal sistema

Quando serve simulare

- In fase di progetto (assenza di implementazioni del sistema reale o di prototipi)
- Sui sistemi già in funzione
  - Per sperimentare il sistema in condizioni particolari, scenari critici, scenari futuri
  - Per progettare miglioramenti di componenti del sistema

Campi di applicazione

- Produzione industriale
  - Sistemi di assemblaggio
  - Magazzini e archivi
  - Cicli di test sui prodotti finali
- Logistica e trasporti
  - Pianificazione di reti stradali
  - Strategie per il traffico stradale
  - Studi di flussi di persone in hot spot (aeroporti, stazioni,…)
  - Dimensionamento di mezzi pubblici

Campi di applicazione

- Servizi per le aziende
  - Processi produttivi
  - Dimensionamento di componenti dei processi produttivi
  - Pianificazione del lavoro

Applicazione alle reti

- **Analisi delle prestazioni.**
  - Verifica del corretto funzionamento della rete sotto diverse condizioni: di traffico, di ambiente circostante (es., rumorosità del canale radio), di occorrenza di guasti
  - Verifica delle condizioni sotto cui sono garantiti parametri di qualità accettabili
  - Studio delle prestazioni di sistemi in funzione sotto ipotesi di traffico futuro

Applicazione alle reti

- **Dimensionamento.**
  - Effetto del potenziamento della capacità dei link in una rete
  - Effetto sulle prestazioni della rete dell'introduzione di nuovi nodi (router)
  - Scelta della capacità di bufferizzazione dei nodi
  - Scelta del numero di risorse da introdurre nel sistema (risorse radio in sistemi cellulari, canali fisici in reti telefoniche)

Applicazione alle reti

- **Progetto di protocolli.**
  - Studio comparato delle prestazioni di protocolli diversi (es., confronto di versioni di TCP)
  - Selezione dei parametri dei protocolli in funzione delle condizioni della rete e del traffico
  - Sviluppo di nuovi protocolli
  - Interazione tra protocolli a diversi livelli della pila protocollare

Applicazione alle reti

- **Progetto di reti.**
  - Studio comparato di schemi di allocazione o uso delle risorse
  - Studio dell'interazione tra componenti della rete
  - Analisi delle prestazioni di reti con topologie diverse
  - Effetti e reattività ai guasti o alle interruzioni di collegamenti

Modelli di simulazione

- Un modello di simulazione è una rappresentazione formale del sistema derivata dalla teoria o da osservazioni empiriche
- Un modello di simulazione è costituito da un insieme di ipotesi sul sistema e sul suo comportamento

Modelli di simulazione

- Il livello di dettaglio dipende da cosa si vuole misurare o osservare
  - Un modello troppo dettagliato può risultare
    - Costoso da sviluppare (debugging)
    - Costoso da risolvere (simulazioni lunghe)
    - Difficile interpretare i risultati
  - Un modello poco dettagliato può risultare
    - Inadatto a osservare i fenomeni di interesse
    - Poco realistico e quindi può portare a conclusioni errate sul comportamento del sistema

Alcuni termini

- *Stato*: definisce il comportamento di un sistema in ogni istante
- *Entità*: oggetti che operano nel sistema
- *Attività*: periodi di tempo per svolgere determinate azioni
- *Evento*: l'occorrenza di qualcosa che determina dei cambiamenti dello stato
- Eventi e attività *endogenei*: interni al sistema
- Eventi e attività *esogenei*: avvengono nell'ambiente circostante e agiscono sul sistema

Modelli analitici

- Un approccio alternativo alla simulazione, in sistemi semplici o sotto ipotesi semplificative forti, è la formulazione un *modello analitico* del sistema
- A differenza di un modello simulativo, un modello analitico permette di ricavare le informazioni di interesse tramite una formulazione matematica del comportamento del sistema e delle caratteristiche dello spazio degli stati

Modelli analitici

- I modelli analitici possono essere
  - A *soluzione analitica*: la soluzione è esprimibile in forma chiusa; per es., le leggi fisiche o alcuni risultati di teoria delle code
  - A *soluzione numerica*: la soluzione si ricava solo numericamente; per es., approcci di punto fisso, espressioni matematiche non risolvibili in forma chiusa, soluzione di sistemi di equazioni

Analisi e simulazione

- Vantaggi dell'analisi
  - Evidenzia la relazione causa-effetto tra gli ingressi e le uscite
  - Ha un costo limitato di soluzione (in tempo e calcolo)
  - Aiuta nella comprensione del sistema
  - Meno soggetta a errori (bachi…)

Analisi e simulazione

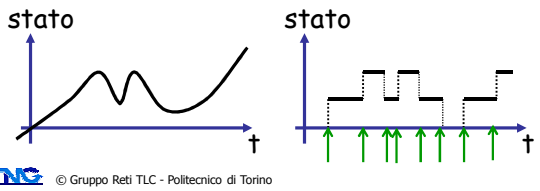
- Vantaggi della simulazione
  - Maggior aderenza alla realtà
  - Maggior facilità a introdurre in modo incrementale descrizioni dettagliate della realtà
  - Facilità nel modificare le ipotesi di modello
  - Minor costo nella costruzione del modello

Classificazione dei Modelli

- Possiamo classificare i modelli in
  - *Statico:* il comportamento del sistema non cambia nel tempo (o è valutato in un preciso istante di tempo)
  - *Dinamico:* il comportamento del sistema cambia nel tempo
- Possiamo classificare i modelli dinamici in
  - *Tempo-discreto*
  - *Tempo-continuo*

Classificazione dei Modelli

- Possiamo classificare i modelli in
  - *Discreto*: lo stato cambia solo in un insieme discreto di istanti di tempo
  - *Continuo*: lo stato cambia continuamente nel tempo (modelli fluidi)



Classificazione dei Modelli

- Possiamo classificare i modelli in
  - *Deterministici*: non contiene variabili casuali, quindi un insieme di valori di input produce un unico insieme di output (sempre lo stesso)
  - *Stocastici*: le variabili di input sono casuali e quindi anche gli output sono variabili casuali

Classificazione dei Modelli

- Nel caso di modelli stocastici, eseguire una simulazione significa
  - Effettuare un esperimento stocastico
  - Osservare una possibile realizzazione del processo che descrive l'evoluzione nel tempo dello stato del modello del sistema
- L'analisi dei risultati si esegue con tecniche statistiche su tante simulazioni

Classificazione dei Modelli

	Analitico / Numerico	Statico / Dinamico	Deterministico / Stocastico
Legge di Ohm	A	S	D
Legge dei grandi num.	A	S	S
Processi Markoviani	A (N)	D	S
Equaz. differenziali non lineari	N	D	D
Simulazione	N	D	S

Sviluppo di un modello

- Formulazione del problema
- Definizione degli obiettivi della simulazione
- Pianificazione del progetto
- Costruzione del modello
  - Capacità di astrazione
  - Selezione delle ipotesi semplificative a un adeguato livello di dettaglio

Sviluppo di un modello

- Raccolta dei dati di ingresso
  - Selezione dei parametri di ingresso di interesse
  - Studio e caratterizzazione dei parametri
- Sviluppo del codice
- Verifica del codice
- Validazione del modello
  - Confronto dei risultati ottenuti con comportamento stimato o atteso

Sviluppo di un modello

- Progetto degli esperimenti
  - Selezione dei periodi di transitorio
  - Decisione sulla lunghezza delle simulazioni e sul numero di esperimenti da effettuare
- Esperimenti
- Raccolta dei risultati

I problemi più comuni

- Il livello di dettaglio scelto è inadeguato:
  - Troppo dettagliato: lo sviluppo del simulatore e il suo debugging sono complessi, la simulazione è lenta, i risultati difficili da interpretare
  - Poco dettagliato: alcuni fenomeni di interesse non sono osservabili o misurabili
- Il linguaggio di programmazione scelto è inadeguato:
  - Va scelto opportunamente il trade-off tra complessità nello sviluppo del programma e lunghezza di esecuzione di una simulazione

I problemi più comuni

- Il modello non è realistico:
  - Sono presenti ipotesi poco realistiche, la descrizione che il modello fa della realtà non è adeguata
- Presenza di transitori iniziali:
  - Alterano l'analisi dei dati forzando il sistema a lavorare in zone di funzionamento non tipiche
- Simulazioni troppo corte
  - I dati ricavati dalla simulazione sono poco significativi

I problemi più comuni

- I generatori di numeri casuali non adeguati:
  - Il generatori servono a generare i numeri casuali di cui il simulatore ha bisogno, se non sono affidabili anche i risultati della simulazione non sono affidabili