

Simulazione ad eventi discreti

—

Corso di Fondamenti di reti di comunicazioni

Pierfrancesco Raimondo

Outline

- Concetto di Simulazione
- Modelli di Simulazione
- Proprietà dei modelli
- Simulazione ad eventi discreti
- Approccio alla Simulazione di un sistema
- Transitorio, Regime e Terminazione

Simulazione

Simulazione : riproduzione del comportamento di un sistema

- Modello concreto (Modello in scala di una nave posto in una apposita vasca)
- Modello astratto (utilizzo del computer)

il funzionamento di un sistema è “simulato” utilizzando distribuzioni di probabilità per generare casualmente eventi del sistema e dal sistema simulato si ottengono osservazioni statistiche sulle prestazioni dello stesso

Simulazione

- Rappresentazione di sistemi reali anche complessi tenendo conto delle fonti di incertezza
- Riprodurre il comportamento del sistema in situazioni che non sono sperimentabili direttamente

Ma.....

- La simulazione fornisce solo indicazioni non “risposte esatte”
- Bisogna saper interpretare a dovere l’output della simulazione
- L’implementazione può essere complessa e i tempi di calcolo lunghi per simulazioni significative

Modelli di simulazione

Il modello utilizzato deve essere sufficientemente complesso per rispondere alle esigenze del caso ma rimanere il più semplice possibile.

Elementi che costituiscono il modello di simulazione:

- variabili di stato
- eventi
- entità e attributi
- risorse
- attività e ritardi



Variabili di stato

un sistema può essere descritto in ogni istante da un insieme di variabili che vengono dette per l'appunto variabili di stato.

un esempio di variabile di stato è il numero di utenti in coda o il numero di pacchetti in un buffer

- Sistemi discreti: le variabili cambiano in corrispondenza di ben determinati istanti temporali
- Sistemi continui: le variabili variano con continuità rispetto al tempo

Un sistema può essere descritto in modo continuo o discreto, dipende dagli scopi della simulazione

Eventi

Un evento è un qualsiasi accadimento istantaneo che modifica il valore di una delle variabili di stato

- Eventi Esogeni
- Eventi Endogeni

Gli eventi esogeni sono eventi esterni al sistema (l'arrivo di un utente)

Gli eventi endogeni sono eventi interni al sistema (fine servizio di un utente)

Entità e Attributi

Le entità sono gli elementi del sistema che devono essere definiti. Un esempio di entità di simulazione può essere un buffer e un suo attributo può essere il numero di pacchetti che contiene.

Le entità possono essere raggruppate in classi che sono insiemi di entità dello stesso tipo, ovvero si possono raggruppare le entità in base ad attributi.

Risorse

Le risorse sono elementi del sistema che forniscono un servizio alle entità. Un'entità può richiedere una o più unità di risorsa e se questa non è disponibile l'entità dovrà mettersi, ad esempio, in una coda in attesa che si renda disponibile, oppure intraprendere un'altra azione. Se invece la risorsa è disponibile, essa viene “catturata” dall'entità, “trattenuta” per il tempo necessario e poi “rilasciata”.

Attività e Ritardi

L'attività è un'operazione per cui la durata è nota a priori all'inizio della simulazione

- Costante
- Risultato di una variabile aleatoria (distribuzione di probabilità)

I ritardi invece sono periodi di tempo di durata indefinita che dipendono dalle condizioni stesse del sistema

Un esempio di ritardo è il tempo di attesa di un utente in una coda poiché l'attesa dipende dal numero di utenti presenti

Classificazione Modelli di simulazione

Esistono diversi modi di classificare i modelli di simulazione

- Modelli continui
- Modelli discreti

Un'altra possibile distinzione è

- modelli statici (sistema cristallizzato in un particolare istante di tempo)
- modelli dinamici (sistema in continua evoluzione nel tempo)

Ed infine

- Modelli deterministici (non sono presenti componenti probabilistici)
- Modelli stocastici (sono presenti elementi soggetti ad aleatorietà)

Simulazione ad eventi discreti

- discreti
- dinamici
- stocastici

Simulazione ad eventi discreti

Il sistema è rappresentato nella sua evoluzione con variabili che cambiano istantaneamente in momenti definiti istanti di tempo.

Essendo un sistema *dinamico* sarà necessario tenere traccia dell'avanzamento del tempo (simulato)

Serve un meccanismo di avanzamento del tempo per far procedere il tempo simulato da un valore ad un altro

E' necessario una variabile di sistema che tenga traccia del tempo di simulazione detta *Simulation Clock*

Avanzamento del tempo

Possono esserci due meccanismi di avanzamento del tempo:

- Avanzamento del tempo al prossimo evento
- Avanzamento del tempo ad incrementi prefissati

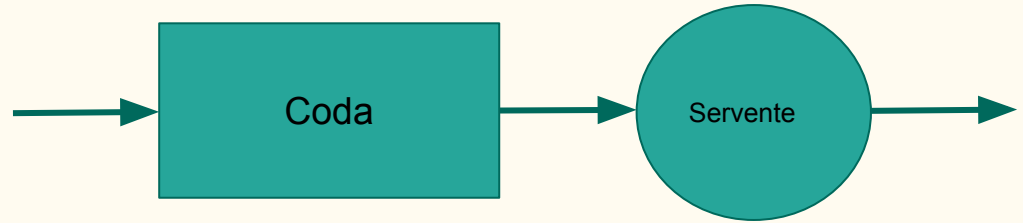
Il meccanismo più comunemente utilizzato e quello a cui anche noi facciamo riferimento è il primo. Il tempo avanza ogni volta che accade il prossimo evento.

- I periodi di inattività non vengono considerati in questo modo

Esempio

Classico sistema cliente servente

- 1 coda
- 1 servente



Cosa ci serve sapere ??

- modellare i tempi di interarrivo
- modellare la durata del servizio

Sono necessari due processi stocastici per modellare questi due fenomeni.

Processo Stocastico

Definizione intuitiva: un processo stocastico è un insieme ordinato di variabili casuali, indicizzate dal parametro t , spesso detto tempo.

Definizione rigorosa: dati uno spazio di probabilità (Ω, \mathcal{F}, P) e uno spazio parametrico T , un processo stocastico è una funzione $X(t, \omega)$ finita a valori reali che, per ogni $t \in T$, è una funzione misurabile di $\omega \in \Omega$ (cioè è una variabile casuale).

Un processo stocastico X_t è una collezione di variabili aleatorie contraddistinte da un parametro t . Ad ogni valore di t corrisponde una successione, in generale diversa, di valori di X

Esempio

Il sistema è quindi regolato da due processi stocastici:

- Arrivi
- Tempi di servizio

<i>Tempi di interarrivo</i>	<i>Tempi di servizio</i>
1.9	1.7
1.3	1.8
1.1	1.5
1.0	0.9
⋮	⋮

Esempio

Con i processi stocastici regoliamo gli interarrivi degli utenti e il tempo di servizio dell' i -esimo utente dobbiamo quindi disporre gli eventi in modo ordinato

- 1.9 arriva un utente inizia il servizio
- 3.2 arriva un utente e si pone in coda
- 3.6 finisce un servizio e il primo utente in coda inizia il servizio
- 4.3 arriva un utente e si pone in coda
- 5.3 arriva un utente e si pone in coda
- 5.4 finisce un servizio e il primo utente in coda inizia il servizio

Esempio

Da questa semplice simulazione cosa possiamo ottenere?

Consideriamo la simulazione fino al tempo 5.4 cosa possiamo calcolare?

- Tempo medio di permanenza degli utenti nel sistema (1.95)

Questa stima però ha una validità limitata e non può essere considerata attendibile perchè generata da una sequenza ben definita di numeri casuali. Per poter ottenere una stima più attendibile sono necessari diversi run di simulazione

- prendiamo il tempo medio di permanenza del sistema dei diversi run e facciamo la media

Condizioni a Regime

Le statistiche tirate fuori dalla simulazione non sono attendibili dal momento in cui la simulazione inizia.

Esiste un periodo di assestamento del sistema , detto *transitorio*, in cui il sistema cerca di giungere allo stato di regime.

Vediamo come ci si approccia alla simulazione di un modello.

Analisi del problema

Capire quali sono gli scopi dello studio, il motivo per cui vogliamo fare la simulazione e cosa vogliamo osservare e quali sono le misure di prestazione del sistema che ci interessano

Se esiste una versione già operativa (nel mondo reale) del sistema è bene osservare tale sistema per dedurne le caratteristiche fondamentali

Formulazione del modello di Simulazione

Bisogna conoscere le distribuzioni di probabilità delle quantità di interesse in modo da poter sfruttare le loro realizzazioni all'interno della simulazione.

E' possibile solo stimare queste distribuzioni derivandole dall'osservazione di sistemi simili già esistenti.

Se dall'analisi dei dati si vede che la forma di questa distribuzione approssima una distribuzione tipo standard, si può utilizzare la distribuzione teorica standard effettuando un test statistico per verificare se i dati possono essere rappresentati bene mediante quella distribuzione di probabilità

Formulazione del modello di Simulazione

1. Definizione delle variabili di stato.
2. Identificazione dei valori che possono essere assunti dalle variabili di stato.
3. Identificazione dei possibili eventi che fanno cambiare lo stato del sistema.
4. Realizzazione di una misura del tempo simulato, “simulation clock”, che registra lo scorrimento del tempo simulato.
5. Realizzazione di un metodo per generare casualmente gli eventi.
6. Identificazione delle transizioni di stato generate dagli eventi.

Analisi del modello di simulazione

Una volta costruito il modello bisogna avere un feedback sulla bontà di quest'ultimo

Di solito ci`o viene fatto attraverso un'analisi concettuale del modello che pu`o essere effettuata insieme agli esperti del settore applicativo in modo da evidenziare eventuali errori e/o omissioni.

Progettazione della Simulazione

Prima di effettuare la simulazione vera e propria bisogna decidere come condurre la simulazione.

Spesso una simulazione è un processo che evolve durante la sua realizzazione e dove i risultati iniziali aiutano a condurre la simulazione verso configurazioni più complesse. Ci sono inoltre problematiche di tipo statistico:

- Determinazione lunghezza del transitorio
- Determinazione della lunghezza della simulazione

Transitorio

Il sistema prima di raggiungere condizioni di stazionarietà, deve passare il periodo detto di transitorio in cui vi è l'assestamento del sistema simulato.

Una volta passato il transitorio è possibile iniziare a raccogliere dati statistici significativi sul comportamento del sistema

Come si capisce quando il transitorio è terminato??

Esistono varie metodologie una è quella di osservare che la varianza delle misure di interesse rimanga oltre una certa soglia

Lunghezza della simulazione

Bisogna sempre tenere presente che i risultati di una simulazione non producono risposte “esatte”. La simulazione può essere considerata una sorta di esperimento statistico

Si possono scegliere varie modalità di terminazione della simulazione:

- La simulazione procede fin quando non la si interrompe
- Identificazione di un evento di terminazione (Es 200° utente servito)
- Scelta di un orizzonte temporale finito (2 ore)

Le due ore non sono di tempo reale ma di tempo simulato. I due concetti sono completamente differenti.

Contesti applicativi

La simulazione può essere usata in diversi contesti

- Progettazione e definizione delle procedure operative di un sistema di servizio.
- Gestione di sistemi di scorte.
- Progetto e definizione delle procedure operative di sistemi di produzione.
- Progetto e funzionamento del sistemi di distribuzione.
- Analisi dei rischi finanziari.
- Gestione dei progetti.

E anche per verificare il comportamento di un protocollo di rete