

Simulazione Parallela e Distribuita

Introduzione e motivazioni



Gabriele D'Angelo

gda@cs.unibo.it

<http://www.cs.unibo.it/~gdangelo>

Dipartimento di Scienze dell'Informazione
Università degli Studi di Bologna

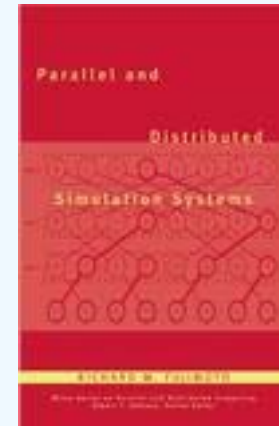
Riferimenti

- Parallel and Distributed Simulation Systems

Richard M. Fujimoto

Wiley-Interscience

ISBN 0-471-18383-0



- Queste slide e altre risorse utili:

<http://www.cs.unibo.it/~gdangelo/didattica.html>

Introduzione e motivazioni

- Simulazione monolitica
- Cosa si intende per simulazione parallela e distribuita (PADS)
- Perché siamo interessati a questo argomento?
- Simulazioni analitiche e Digital Virtual Environments (DVE)
- Breve prospettiva storica
- La simulazione PADS oggi
- Problemi della simulazione PADS
- Conclusioni

Simulazione

- Cosa si intende per simulazione:

è la rappresentazione o l'emulazione temporale del comportamento di un sistema da parte di un altro sistema

- Nel nostro caso il sistema che esegue la simulazione è costituito da uno o più computer collegati tra di loro (**piattaforma di esecuzione** della simulazione)

- Il sistema simulato, sotto forma di **modello di simulazione**, può rappresentare i più svariati sistemi del mondo reale. Nel nostro caso faremo riferimento principalmente a modelli di reti (wireless e non) o architetture informatiche (es. gaming)

Simulazione monolitica

- Si tratta dell'**approccio classico** alla simulazione
- Una singola unità di esecuzione (banalmente una CPU) si occupa della rappresentazione e della gestione dell'evoluzione di **tutto il modello simulato** (codice + strutture dati)
- Esistono vari **paradigmi di simulazione** utili per la rappresentazione e l'implementazione del modello da simulare
- In ogni caso, la presenza di una **singola unità di esecuzione** permette la creazione di uno **stato globale** accessibile da tutte le parti della simulazione, facilitando molto l'implementazione del modello e la gestione delle interazioni tra le sue varie parti

Simulazione parallela e distribuita

- In questo caso ci si riferisce alla tecnica utilizzata nell'esecuzione della simulazione: l'esecuzione è affidata ad un **insieme di unità di elaborazione** (Physical Execution Unit, PEU) interconnesse da una rete di comunicazione
- Nel caso della simulazione parallela o distribuita il modello simulato risulta **suddiviso tra le varie unità di esecuzione**
- Lo stato della simulazione non è più globale (e centralizzato) ma risulta composto da un insieme di stati locali
- Sono quindi necessarie opportune tecniche per la distribuzione delle informazioni

Tecnologia di interconnessione

- La **rete di comunicazione** usata per collegare le unità di elaborazione può essere di diverso tipo:
 - **Sistemi multiprocessore a memoria condivisa**
 - tightly coupled systems: Symmetric Multiprocessing (SMP), High Performance Computing (HPC)
 - **Workstation interconnesse da una rete**
 - loosely coupled systems: LAN, WAN, Internet

Simulazione parallela o distribuita?

■ Simulazione **parallela**

- Le unità di elaborazione sono interconnesse da una **rete a bassa latenza**, eventualmente con memoria condivisa (es. SMP)

■ Simulazione **distribuita**

- Le unità di elaborazione sono interconnesse da una rete con **latenza rilevante**, di ordini di grandezza superiore rispetto al caso parallelo
- **Non è presente alcun tipo di memoria condivisa**

■ Sistemi reali

- I sistemi reali sono spesso caratterizzata da un'**architettura mista**. Ad esempio un insieme di macchine multiprocessore (SMP) collegate attraverso una rete locale o geografica. Processori Hyper-Threading e Multi-core rappresentano un ulteriore livello di eterogeneità. Tutti questi aspetti influenzano in modo rilevante le prestazioni della simulazione

Buoni motivi per distribuire una simulazione (1/3)

- Ridurre il **tempo di esecuzione** (Wall-Clock Time, WCT):
 - $N \text{ CPU} = \text{Tempo_esecuzione_monolitica} / N$?
 - Purtroppo questa assunzione non è realistica, perché?
- **Scalabilità**
 - Mantenere la stessa velocità di esecuzione al crescere della complessità dei modelli simulati (ad esempio all'aumentare della popolazione: 10, 100, 1000... entità)
- **Distribuzione geografica** di utenti e risorse
 - Non necessariamente tutte le componenti della simulazione si trovano contemporaneamente nello stesso luogo
 - Tutela della proprietà intellettuale (es. IP nei SystemOnChip)

Buoni motivi per distribuire una simulazione (2/3)

- **Interoperabilità:** integrazione di piattaforme eterogenee
 - **di simulatori:** ogni ambito è caratterizzato da strumenti (simulatori) specializzati che, in alcuni casi, devono necessariamente essere utilizzati. Sarebbe estremamente utile la loro integrazione nell'ambito di progetti e simulazioni più ampie. Ad esempio, nel caso del wireless, simulatori di mobilità e di propagazione del segnale
 - **di modelli:** modelli diversi dovrebbero essere in grado di interagire tra di loro
- **Resistenza ai guasti (fault-tolerance)**
 - In alcuni casi, interrompere una simulazione, può avere conseguenze catastrofiche (strumenti di supporto alle decisioni critiche)

Buoni motivi per distribuire una simulazione (3/3)

■ Riutilizzo delle componenti e del codice

- Progettare, implementare e validare simulazioni è un'attività estremamente costosa, sia in termini di tempo che di risorse
- Riutilizzare componenti che sono già state verificate riduce drasticamente il rischio di insuccessi
- Per avere un effettivo riuso delle componenti è necessario (ma non sufficiente) l'uso di uno standard

■ Simulazione distribuita è anche:

- Digital Virtual Environments (DVE)
- Internet Gaming

Esempio: simulazione di sistemi complessi

- Reti wireless (es. 802.11, Bluetooth)
 - Il potenziale di crescita e di diffusione è enorme
 - Ognuno di noi ha almeno un terminale wireless che solitamente interagisce con altri terminali o con un'infrastruttura fissa di comunicazione
 - Gli spazi che frequentiamo sono spesso densamente popolati ed estremamente dinamici (es. città)
 - La velocità di comunicazione è sempre crescente, così come la complessità dei protocolli che vengono utilizzati
- Come è possibile verificare un sistema di questo tipo, PRIMA, della sua implementazione?
- Scalabilità dei protocolli MAC (Media Access Control), routing, applicazioni di livello utente
- Verifica di nuovi o vecchi protocolli, es. TCP/IP è adatto al wireless?

Supporto alle decisioni in real-time

- In alcuni ambienti (es. traffico aereo) è necessario prendere le decisioni in **tempo reale** o ancora più velocemente
- Avere la possibilità di analizzare gli scenari futuri, che sono diretta conseguenza di una decisione, è di enorme interesse
- A partire da un input esterno si elaborano le possibili evoluzioni dell'ambiente e si verifica che i vincoli di sistema siano mantenuti
- Tra tutti gli scenari elaborati si valuta quello più vantaggioso e si opera perchè il sistema reale lo segua
- A volte le decisioni devono essere prese entro qualche secondo (in real-time rispetto al mondo esterno alla simulazione): una simulazione monolitica è evidentemente insufficiente

Digital Virtual Environment (DVE)

La creazione di ambienti virtuali è di interesse a vari settori:

- **Addestramento**

- Militare
- Medico (es. tele-haptic environments)
- Gestione delle emergenze (es. ambientali, coordinamento dei soccorsi, allocazione degli aiuti...)

- **Interazione sociale / Svago**

- Vari sistemi di "chat"
- Multi-User Dungeon (MUD), Massively Multiplayer Online Role-Playing Games (MMORPG)

Digital Virtual Environment (DVE)

I DVE sono delle vere e proprie simulazioni, inoltre al loro interno varie tecniche di simulazione vengono usate per la creazione di entità sintetiche gestite dinamicamente:

- avversari / compagni di gioco
 - fenomeni fisici
 - traiettorie dei proiettili
 - gestione delle esplosioni
 - effetti sull'ambiente (es. aderenza del fondo stradale rispetto alle condizioni metereologiche)
- } Vincolo di causalità

Simulazione analitica

Si tratta dell'uso più diffuso delle tecniche di simulazione: nel nostro caso ci occupiamo principalmente di simulazione ad eventi discreti

Modelli tipici di simulazione:

- Reti di comunicazione
- Architetture complesse (es. per l'erogazione di servizi)
- Trasporti e sistemi di ottimizzazione, logistica
- Elettronica (microelettronica, sistemi embedded)

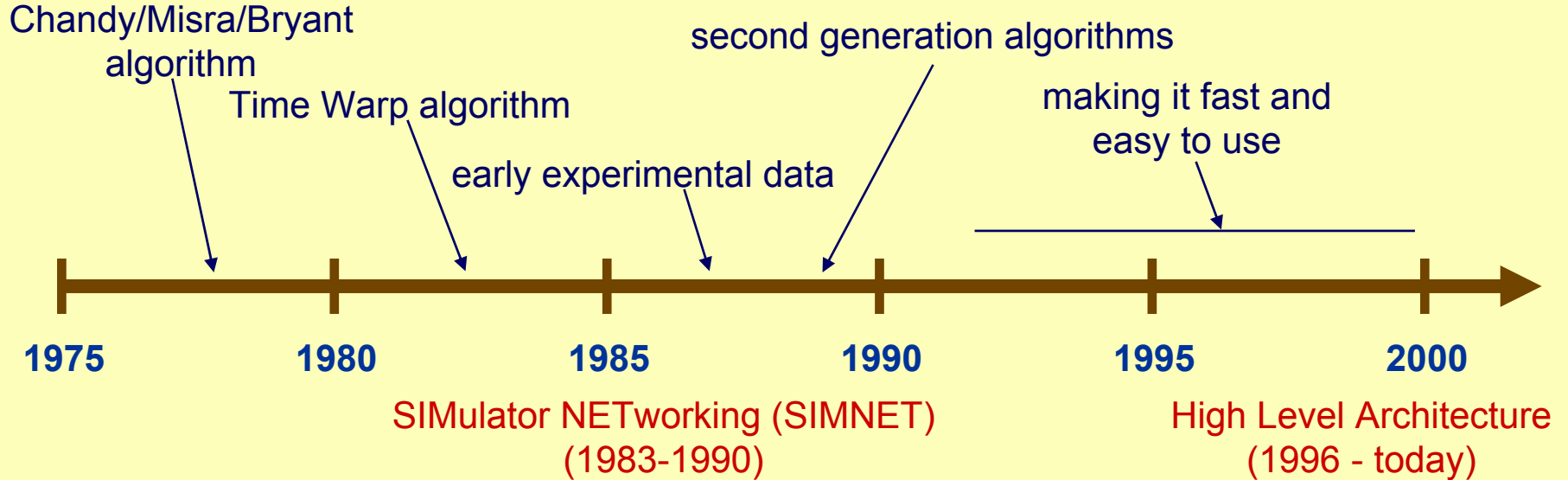
In questo caso l'attenzione è tipicamente centrata sulla **progettazione dei sistemi**, sulla **valutazione di prestazioni** e **verifica di funzionamento**

Simulazione analitica vs. DVE

	Analitica	DVE
Obiettivo tipico	<i>analisi quantitativa di sistemi complessi</i>	<i>creare rappresentazioni realistiche o divertenti</i>
Velocità di esecuzione	<i>quanto più veloce possibile</i>	<i>real-time</i>
Interazione umana	<i>se presente si tratta di un osservatore esterno</i>	<i>controlla alcune entità</i>
Accuratezza	<i>risultati statisticamente corretti</i>	<i>dipende dalla percezione dei partecipanti</i>

Prospettiva storica

High Performance Computing Community



Defense Community

Distributed Interactive Simulation (DIS)
Aggregate Level Simulation Protocol (ALSP)
(1990 - 1997ish)

Dungeons and Dragons
Board Games

Multi-User Video Games

Adventure
(Xerox PARC)

Multi-User Dungeon (MUD)
Games

Internet & Gaming Community



La simulazione distribuita oggi

■ High Performance Computing Community

- Le tecnologie di middleware si stanno diffondendo, ad esempio lo standard **IEEE 1516 High Level Architecture** (HLA)
- Analisi ed utilizzo della Computation Grid, Cloud Computing

■ Sottore difesa

- Addestramento, wargaming, test & valutazione

■ Comunità di Internet Gaming

- Non è il caso di reinventare quanto esiste già
- Alcune tecnologie tipiche della simulazione sono in fase di adozione
- Molti sistemi sono ancora basati su architetture client -> server
- Grossi problemi di scalabilità, prestazioni di gioco, affidabilità

Conclusioni (1/2)

- Una singola unità di esecuzione non è in grado di rappresentare modelli estremamente complessi (memoria disponibile e tempo di esecuzione)
- Aggregando risorse (es. unità di esecuzione) è **spesso** possibile simulare scenari estremamente complessi ed ottenere risultati in tempi accettabili
- La simulazione parallela e distribuita è una possibile soluzione per un ampio spettro di problemi e scenari
- Non solo simulazione analitica ma anche DVE e Internet Gaming

Conclusioni (2/2)

È evidente come la simulazione parallela e distribuita non offra solamente vantaggi ma anche problemi da tenere in considerazione:

- **Gestione del tempo.** La nozione di tempo in un sistema distribuito. Rispettare il vincolo di causalità: quanto costa?
- **Distribuzione delle informazioni.** L'assenza di uno *stato condiviso* impone tecniche di Data Distribution Management (DDM)
- **Load-balancing:** come suddividere la simulazione (**problema del partizionamento**) e allocarla su diverse unità di elaborazione? Problemi sia di **bilanciamento del carico** che di **bilanciamento della comunicazione!**