

Introduzione alla simulazione

AA 2007/2008

emiliano.casalicchio@uniroma2.it

<http://www.uniroma2.it/didattica/MMI>

Agenda

- Breve richiami su modellazione e sistemi
- Concetto di simulazione
- Modelli di simulazione
- Nozione di Tempo nella simulazione
- Meccanismi di avanzamento del Tempo

Richiami

- Per studiare scientificamente un **Sistema** è spesso necessario fare delle **assunzioni semplificative** riguardo al suo funzionamento
- **Modello del sistema**: l'insieme delle assunzioni esemplificative fatte sul funzionamento di un sistema ed espresse sotto forma di relazioni logico-matematiche

- Modellare un sistema significa rimpiazzarlo con qualcosa che sia
 - più semplice e/o facile da studiare,
 - equivalente al sistema originale in tutti i particolari aspetti importanti.

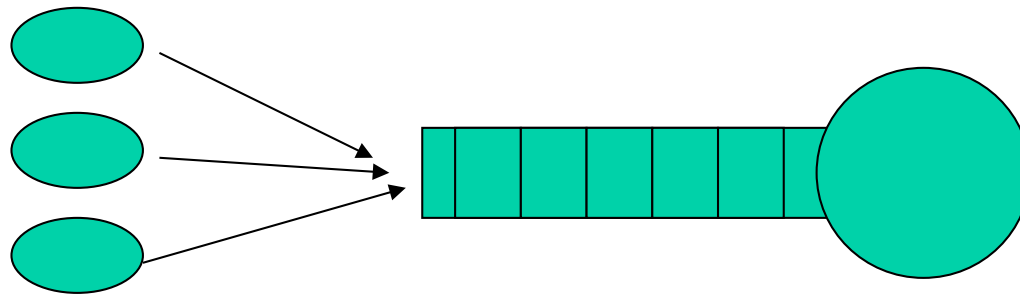
*Simulation techniques for discrete event systems,
I.Mitrani, Cambridge university press*

Richiami

- Un **sistema** è una collezione di entità (persone, dispositivi HW/SW, processi) che agiscono e interagiscono per realizzare un obiettivo comune.
- Lo **stato di un sistema** è la collezione delle variabili necessarie per
 - descrivere il sistema in un dato istante,
 - relativamente agli obiettivi di uno studio.
- La complessità di un modello dipende da
 - dimensione del suo stato, ossia da quante variabili occorrono per descriverlo
 - Numero di entità che lo compongono

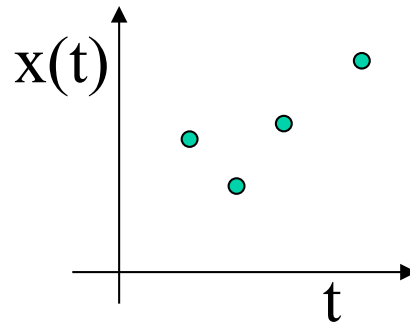
Esempio

- **Sistema**
 - un server Web ed utenti Web;
- **Scopo dello studio**
 - determinazione del tempo medio di servizio degli utenti
- **Stato:**
 - numero di utenti in coda,
 - tempo di servizio di un utente,
 - tempo di residenza nel sistema (servizio+coda) di un'utente
 - utilizzazione
 - ...

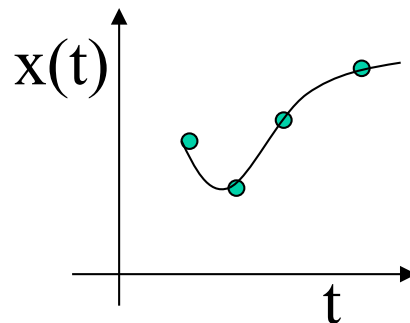


Richiami

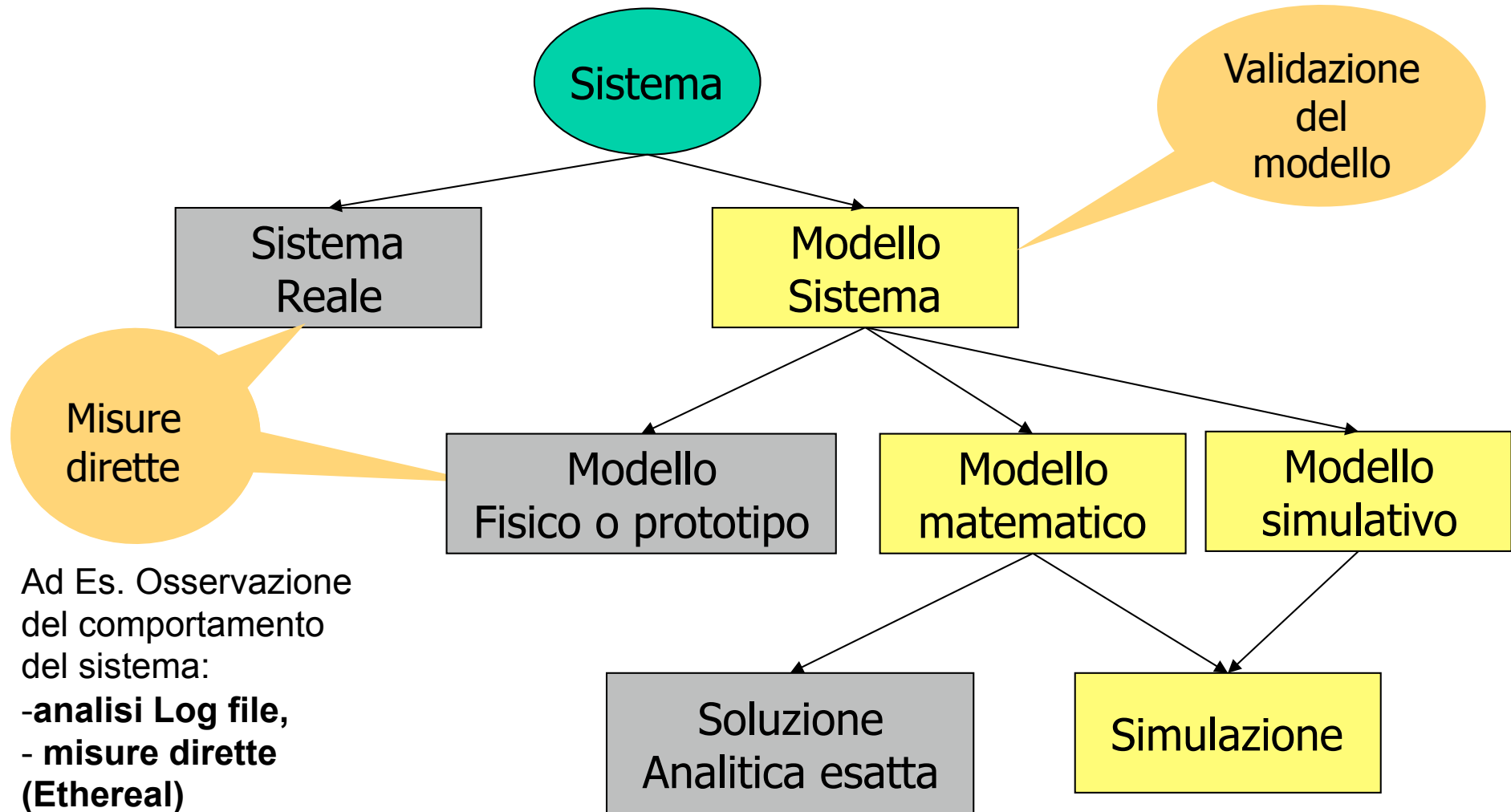
- Sistema **Discreto**: le variabili cambiano valore istantaneamente, ed il tempo è discretizzato. $x(t)$ è una funzione discreta



- Sistema **Continuo**: le variabili cambiano valore continuamente nel tempo, ed è definito il loro valore in ogni istante di tempo. $x(t)$ è una funzione continua.



Metodi per studiare un sistema



Modello fisico vs modello matematico

- **Modello fisico (o modello iconico):** viene creato un prototipo del sistema per studiare alcuni aspetti. Il modello fisico può essere realizzato in scala oppure in dimensioni reali
- **Modello matematico:** rappresenta il sistema in termini di relazioni logiche e quantitative.
 - Tali relazioni vengono manipolate e cambiate per vedere come reagisce il modello, e se questo è validato come reagisce il sistema.

Esempio di modello matematico

- coda M/M/1
 - Arrivi poissoniani,
 - tempo servizio esponenziale,
 - server singolo,
 - coda infinita,
 - popolazione client infinita.

$$\pi_0 = \left[\sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \right]^{-1} = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 1 - \rho$$

$$\pi_k = \pi_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu} \right) \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k$$

$$N = \sum_{k=0}^{\infty} k \pi_k = \frac{\rho}{1 - \rho}; \quad X = \lambda; \quad R = \frac{N}{X} = \frac{1/\mu}{1 - \rho};$$

La simulazione

- Studieremo come **Simulare** il comportamento di un processo/sistema reale.
 - simulare significa imitare le operazioni di vari tipi di risorse o processi reali
(*Sistema = insieme di risorse e/o processi*)

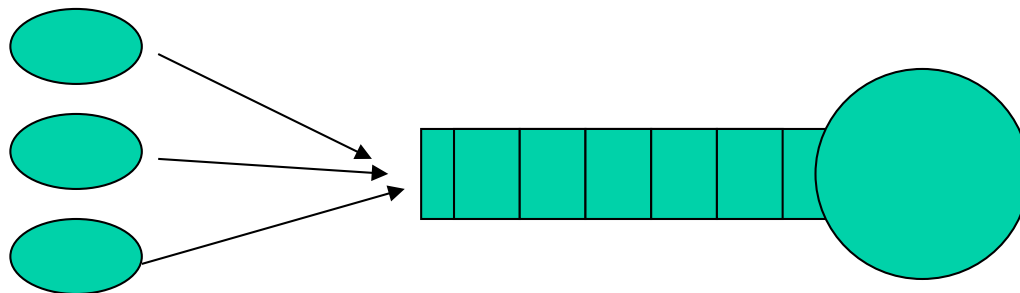
*Simulation modeling and analysis, A.M.Law and W.D.Kelton,
McGraw Hill Int.*

- Una simulazione e' un sistema che rappresenta o emula nel tempo, il comportamento di un altro sistema. In una simulazione eseguita da un elaboratore il sistema che emula e' un programma, il sistema emulato è detto sistema fisico

*Parallel and distributed symulation systems, R.Fujimoto,
John Wiley & Sons*

Esempio

- Modello Simulativo
 - Struttura dati per la rappresentazione di Centro di servizio + coda (e.g. facility in CSIM)
 - Meccanismi per la misura attiva di p_0 , p_k , N , R
 - Possibilità di scegliere come voglio il processo degli arrivi (non sono legato ad una particolare distribuzione)
 - Possibilità di definire il comportamento di ogni singolo utente
 - Libertà nella scelta della disciplina di servizio



Soluzione analitica vs soluzione simulativa

- Soluzione analitica: se il modello è semplice, è possibile
 - manipolare le relazioni matematiche per ottenere una soluzione esatta in forma chiusa, o
 - È possibile risolvere numericamente le relazioni matematiche

$$\pi_0 = \left[\sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \right]^{-1} = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 1 - \rho; \pi_k = \pi_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu} \right) \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k$$

$$N = \sum_{k=0}^{\infty} k \pi_k = \frac{\rho}{1 - \rho}; \quad X = \lambda; \quad R = \frac{N}{X} = \frac{1/\mu}{1 - \rho};$$

- Soluzione simulativa: quando è troppo costoso applicare la soluzione analitica, oppure quando il modello analitico del sistema non è rappresentativo

Campi di impiego della simulazione

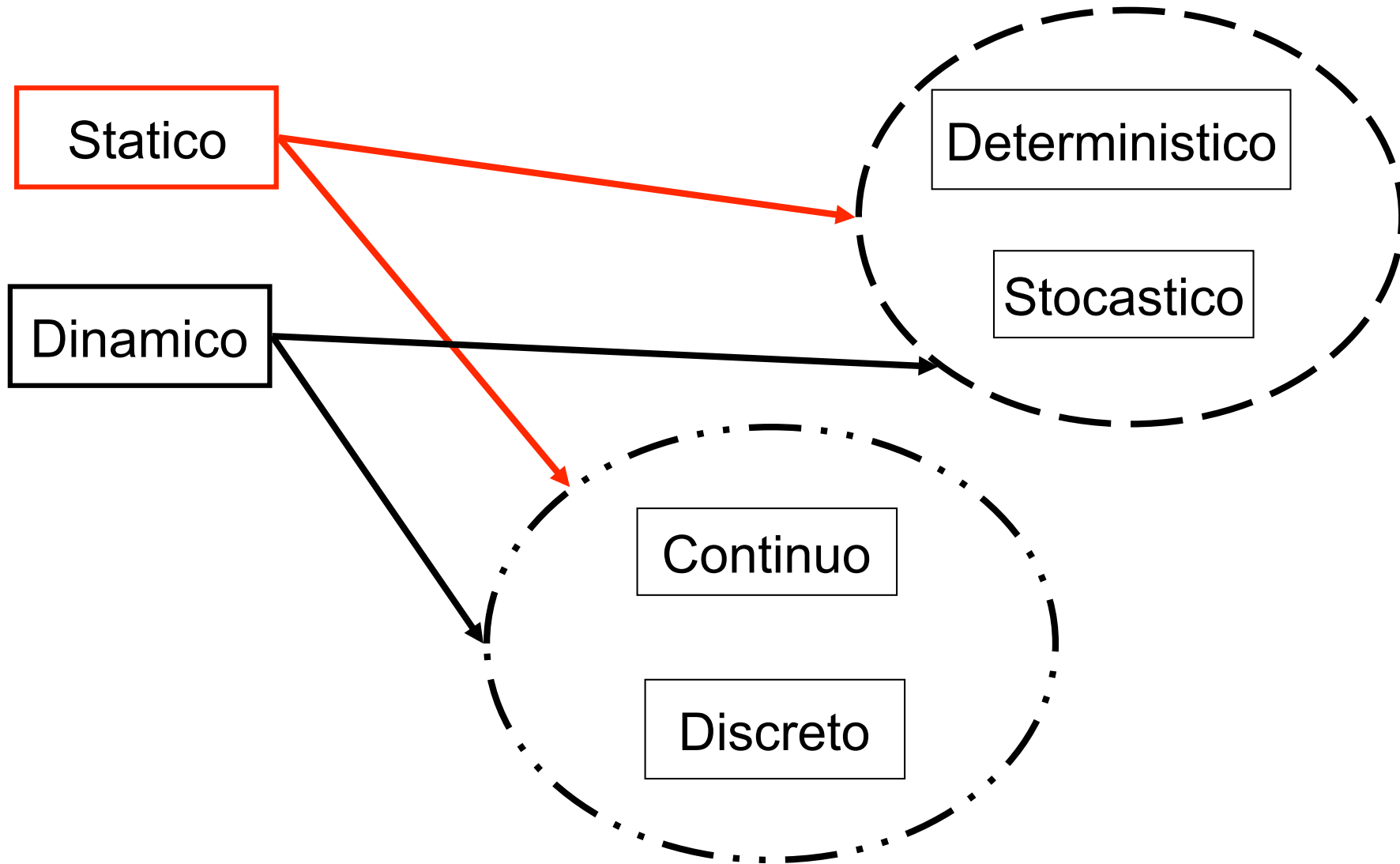
- Valutazione di
 - Comportamento
 - Prestazioni
 - Dependability
- Pianificazione della “capacità” – dimensionamento - di un sistema di elaborazione
- Progettazione di sistemi di elaborazione e reti
- Progettazione di protocolli di comunicazione
- Progettazione ed analisi di sistemi manifatturieri
- Progettazione di algoritmi

- Studio dei sistemi complessi: sistemi critici, infrastrutture critiche
- Analisi di sistemi economici e finanziari
- Analisi di sistemi biologici

Esempi di simulatori di reti

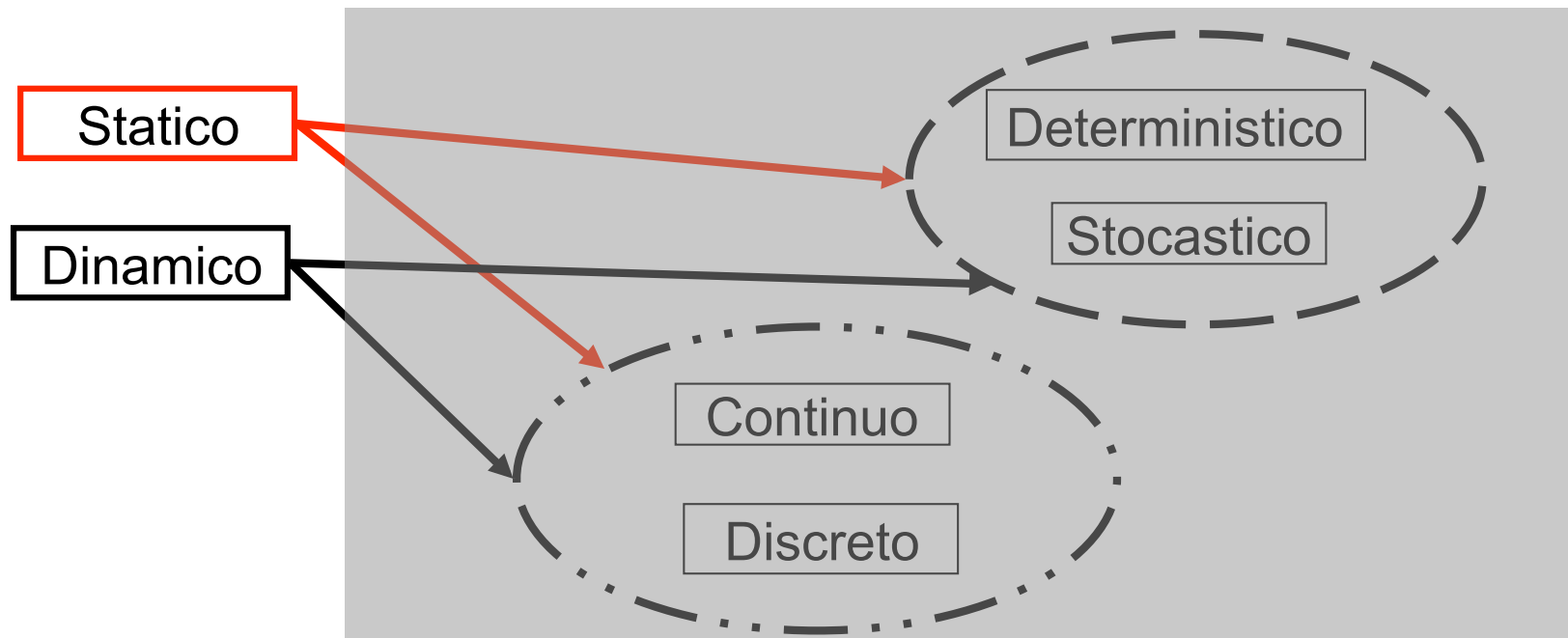
- NS-2 (The network simulator) <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
 - è un simulatore ad eventi discreti per lo studio di reti di comunicazione
 - E' scritto in C++/OTcl
 - Permette di simulare il comportamento di protocolli di rete dal livello Data-Link a livello Applicazione
- NS-3 <http://www.nsnam.org/>
 - Evoluzione di NS-2
 - Da C++/OTcl a C++/Python
- P2psim <http://pdos.csail.mit.edu/p2psim/>
 - è un simulatore ad eventi discreti per lo studio di protocolli p2p
 - Chord, Accordion, Koorde, Kelips, Tapestry e Kademia.
- OMNeT++ <http://www.omnetpp.org/>
 - è un un FRAMEWORK di simulazione eventi discreti
 - E' scritto in C++. Fornisce un linguaggio per la definizione di topologie (NED)
 - Reti di comunicazione, protocolli, reti di code, distributed systems
- CSIM <http://www.mequite.com>
 - È un FRAMEWORK di simulazione ad eventi discreti
 - E' sviluppato in C, C++, Java
 - No limiti a domini modellabili.

Modelli Simulativi



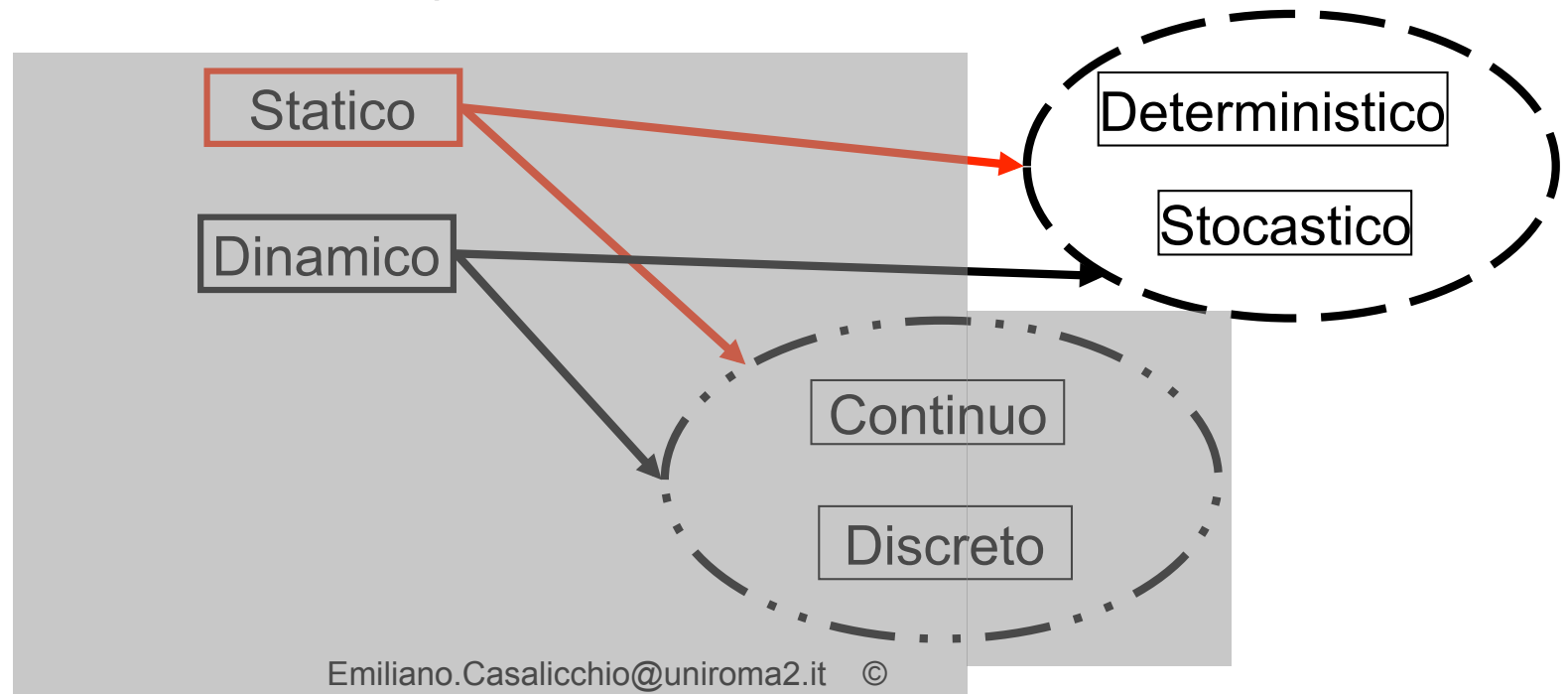
Modelli simulativi: Statico vs Dinamico

- **Statico**: rappresenta un sistema in un determinato istante di tempo
 - Può essere usata per modellare un sistema invariante rispetto al tempo (es. rete elettrica in equilibrio)
- **Dinamico**: rappresenta un sistema che evolve nel tempo



Modello Simulativo Deterministico vs Modello Simulativo Stocastico

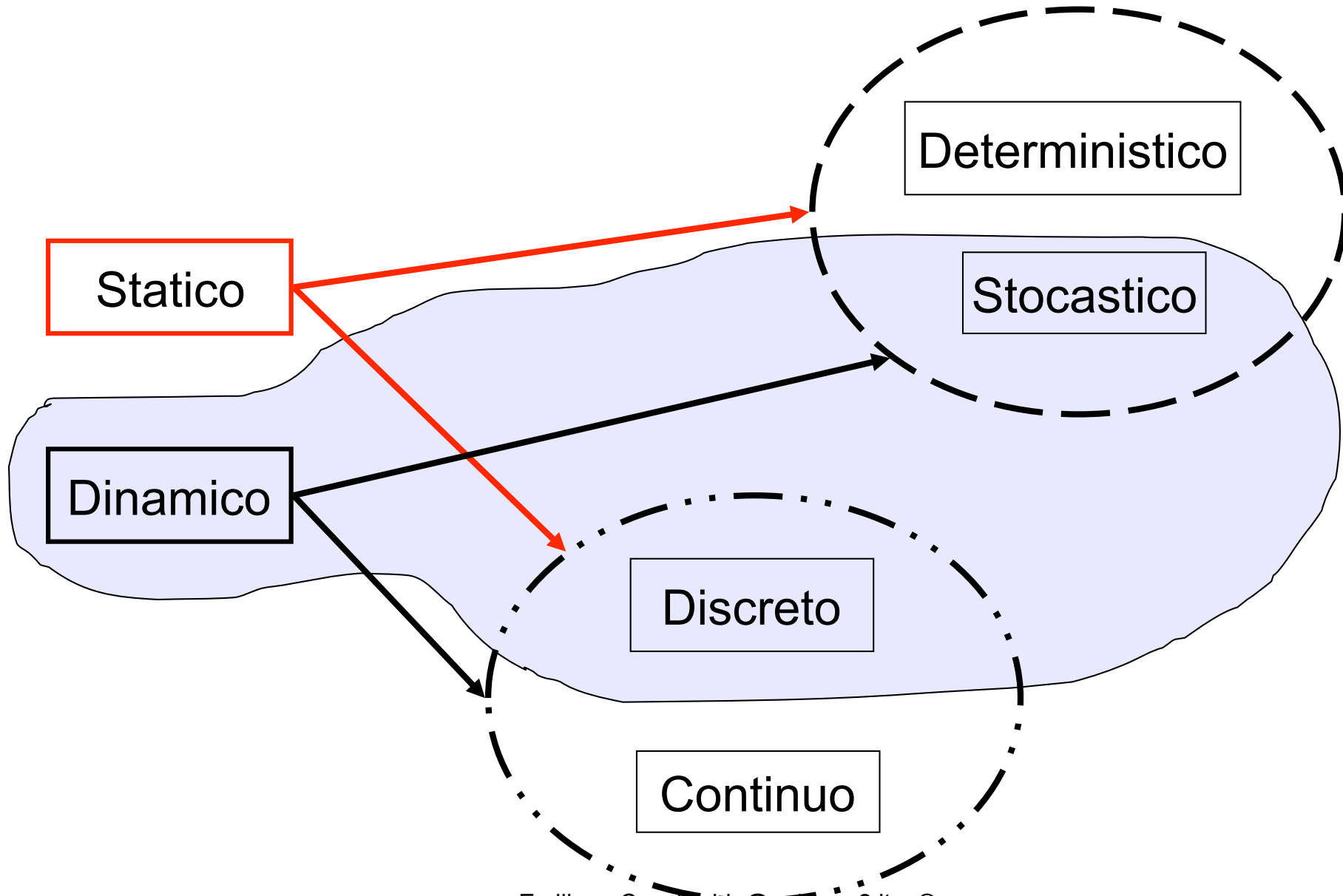
- **Deterministico**: non contiene componenti probabilistiche,
 - fissato l'input l'output è determinato
 - Ad es. usato per riprodurre eventi già avvenuti.
- **Stocastico**: contiene componenti probabilistiche,
 - tipicamente i parametri di input sono variabili stocastiche
 - l'output variano in maniera probabilistica



Modello Simulativo Continuo vs modello Simulativo Discreto

- **Continuo:** consiste tipicamente nella soluzione analitica (esatta) o numerica (approssimata) di equazioni differenziali.
- **Discreto:** modello di sistema che evolve nel tempo ed in cui le variabili cambiano istantaneamente ad istanti di tempo separati
- Non necessariamente un sistema discreto è modellato mediante un modello discreto, un sistema continuo mediante un modello continuo, e viceversa.
 - Modello di traffico:
 - **ogni singolo pacchetto trattato singolarmente, mi occorre un *modello discreto*.**
 - **Pacchetti trattati in maniera aggregata, come flussi, posso utilizzare un *modello continuo***

Noi tratteremo:



Il tempo

- Ci sono differenti nozioni di tempo che vanno considerate
 - Tempo fisico (T)
 - Tempo simulato (Ts)
 - Wallclock time (Tw)
- Ad esempio: simulazione del traffico nella rete dati del campus di Tor Vergata nel mese di Marzo 2006:
 - Tempo fisico: **1 Marzo-31 Marzo 2006**
 - Tempo simulato: se vogliamo studiare il sistema con una granularità dell'ordine dei millisecondi, il tempo simulato sarà **$31*24*3600*1E+3$ msec=2 678 400 000 msec.**
 - Se la simulazione dura 20 minuti e verrà eseguita a partire dalle 15:00 del 25 Febbraio 2007, il Wallclock time varierà tra il 25 Feb.2007 ore 15:00 al 25 Feb.2007 ore 15:20

Il tempo

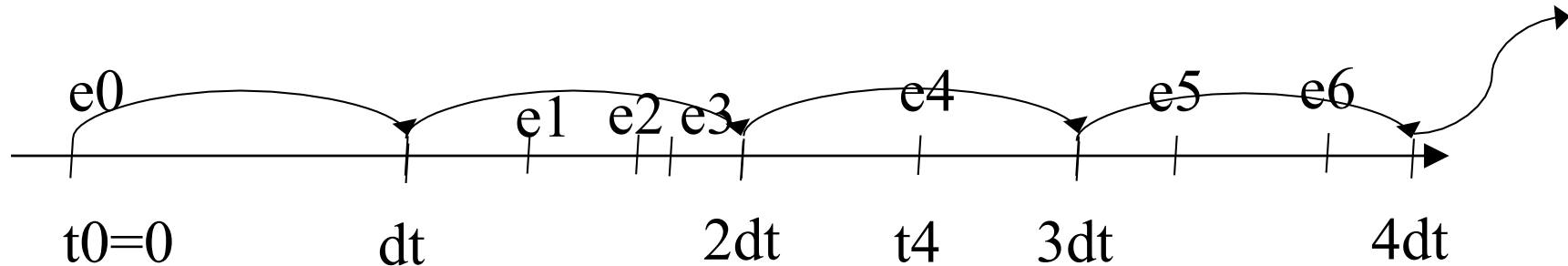
- Il tempo simulato può avere diverse relazioni con il wallclock time.
 - T_s avanza come T_w nella simulazione **real-time**
 - T_s avanza come $a \cdot T_w$ nella simulazione **scaled-real time**

- Nella simulazione real-time e scaled real-time vale la relazione $T_s = T_{start} + a (T_w - T_{w,start})$

Dove

- T_{start} è il l'istante di inizio della simulazione in termini di simulation time e
- $T_{w,start}$ è l'istante di inizio della simulazione in termini di wallclock time.
- T_s non ha nessuna relazione specifica con T_w nella simulazione **as-fast-as possible**
- I meccanismi di avanzamento del tempo simulato possono essere di 2 tipi
 - Fixed increment time advance (o Time Stepped)
 - Next event time advance o (Event Driven)

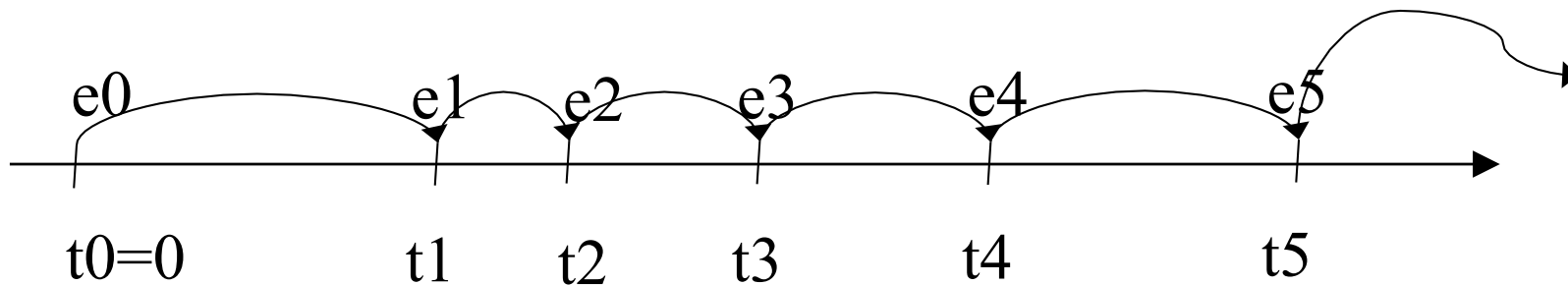
Fixed increment time advance



La simulazione avanza ad intervalli di tempo prefissati distanti dt .

- In dt possono occorrere 0 o + eventi
- Tutti gli eventi che si verificano tra t e $t_1=t+dt$ occorreranno al tempo t_1 .
 - $\{(e_1,2dt),(e_2,2dt), (e_3,2dt)\}, \{(e_4,3dt)\}, \{(e_5,4dt), (e_6,4dt)\}$
- A t calcolo tutti gli eventi verificatisi in $[t-dt,t]$ ed aggiorno lo stato del sistema
- Avanzo il tempo a $t+dt$

Next-event time advance



A t_0 , dopo che l'evento e_0 è occorso,

- Determino gli eventi successivi ed i relativi istanti di occorrenza, ad esempio $\{(e_1, t_1), (e_2, t_2), (e_3, t_3), (e_4, t_4)\}$
- Individuo l'evento che si verificherà per primo, ad esempio e_1 ed avvanzerò il tempo di simulazione all'istante t_1 .
 - Aggiorno lo stato del sistema
 - Aggiorno la lista degli eventi (nuovi eventi potrebbero essere stati determinati)

Discrete-event simulation

- Modellazione di un sistema che
 - evolve nel tempo
 - le variabili di stato cambiano istantaneamente in **istanti di tempo separati**
 - lo stato del sistema può cambiare solo un numero contabile di volte nel tempo
- L'evoluzione del sistema è determinata dal verificarsi degli EVENTI.
- Un evento è un'occorrenza istantanea che POTREBBE cambiare lo stato del sistema
 - Non necessariamente l'occorrenza di un evento cambia lo stato del sistema.
- L'avanzamento del tempo utilizzato è: **Next event time advance**

Bibliografia

- M.Low, W.D.Kelton, “Simulation Modeling and Analysis”, McGraw Hill Int.
- R.M. Fujimoto, Parallel and Distributed Simulation Systems, John Willey and Sons.