CSIM

Emiliano Casalicchio
emiliano.casalicchio@uniroma2.it

Simulation Engine

- E' un insieme di oggetti e metodi usati per costruire un modello di simulazione
- Un ambiente di simulazione è un applicazione relativa ad un certo contesto (es: reti, sistemi web, antenne, …) che contiene un modello di simulazione, che permette di valutare alcuni aspetti dell'applicazione e del contesto a cui essa si riferisce.

Download CSIM19

http://www.ce.uniroma2.it/~casali/download/CD-CSIM19/

Manuale
http://www.mesquite.com/documentation/index.htm

Installazione CSIM19

- gcc
  - Creare una directory csim19 in /usr/local
  - Decomprimere l'archivio csim19 nella directory csim19
    - tar -xf csim19_linux_gcc.tar (oppure tar –xf csim19_linux_gcc.tar)
  - Entrare nella directory /usr/local/csim19/lib
    - make
- gpp
  - Creare una directory csim19 in /usr/local
  - Decomprimere l'archivio csim19 nella directory csim19
    - tar -xf csim19_linux_gpp.tar (oppure tar –xf csim19_linux_gpp.tar)
  - Entrare nella directory /usr/local/csim19/lib
    - make

Compilazione

- csim.gcc
  - gcc -Ilib $* lib/csim.gcc.a –lm
- csim.gcc <nomefile.c>

CSIM Simulation Engine

- CSIM è un *process-oriented discrete-event* simulation package integrabile in programmi C/C++.
  - E' una libreria di routines che implementano le operazioni e le strutture dati necessarie a costruire un modello di simulazione ad eventi discreti
- Un programma CSIM modella un sistema come una collezione di processi CSIM i quali interaggiscono tra di loro utilizzando le strutture dati CSIM
- Il modello mantiene un tempo simulato, così da poter studiare il comportamento dinamico del sistema modellato

Oggetti CSIM

- Processes: entità attive che
  - usano risorse (facility, storage, mailboxes),
  - attendono eventi,
  - Collezionano statistiche

> "It is the processes which mimic the behaviour of active entities in the simulated system."

- Facilities: modellano code e serventi, sono utilizzate dai processi
- Storages: risorse che possono essere parzialmente/discretamente allocate da un processo
  - Ad es. Una porzione di memoria, un descrittore di file o processo, un socket…
- Events: usati per sincronizzare i processi
- Mailboxes: usate per la comunicazione tra processi

Oggetti CSIM(2)

- Data collection structures: usate per collezionare dati durante una simulazione
  - Ad es. l'andamento temporale di una variabile di stato (lunghezza di una coda)
- Process classes: usate per caratterizzare I processi nell'uso di risorse, eventi e statistiche
- Streams - streams di numeri casuali

Oggi vedremo

- Processes: entità attive che
  - usano risorse (facility, storage, mailboxes),
  - attendono eventi,
  - Collezionano statistiche
- Facilities: modellano code e serventi, sono utilizzate dai processi
- Storages: risorse che possono essere parzialmente/discretamente allocate da un processo
  - Ad es. Una porzione di memoria, un descrittore di file o processo, un socket…
- Events: usati per sincronizzare i processi
- Mailboxes: usate per la comunicazione tra processi
- Data collection structures: usate per collezionare dati durante una simulazione
  - Ad es. l'andamento temporale di una variabile di stato (lunghezza di una coda)
- Process classes: usate per caratterizzare I processi nell'uso di risorse, eventi e statistiche
- Streams - streams di numeri casuali

Processes

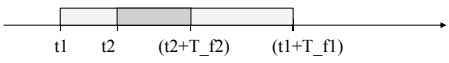
- Entità attive in un modello CSIM
  - Sistema Client-Server: client modellato con un processo, server con facility
- E' una procedura C che esegue una *create*
  - Processo CSIM ≠ Processo Unix
  - *create* simile ad una *fork* unix.
- + istanze di uno stesso processo attive "simultaneamente"
  - Eseguite in parallelo rispetto al Tempo Simulato…
  - …Ma eseguite serialmente sul processore
- Ogni istanza di processo CSIM ha il proprio ambiente di esecuzione
  - Variabili locali e argomenti di input (non può ritornare un valore)
  - Variabili globali a cui hanno accesso tutti i processi

Processes (2)

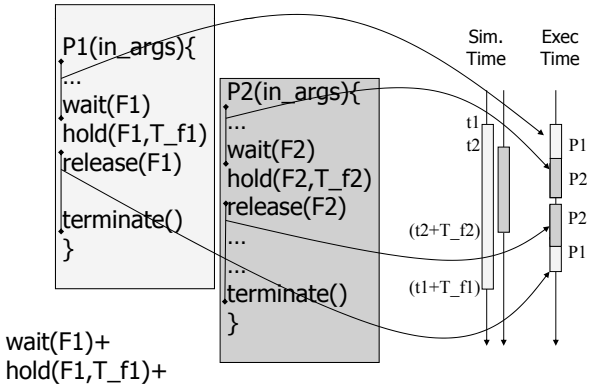
- Un processo CSIM può trovarsi in 4 diversi stati:
  - In esecuzione (active)
  - Pronto (Ready) per essere eseguito (ad esempio ha ottenuto la facility o la quantità di storage attesa)
  - Bloccato (Hold) x consentire al tempo simulato di trascorrere
  - In Attesa (Wait) del verificarsi di un evento
- Quando un processo termina il suo ambiente CSIM (variabili e statistiche) viene eliminato
  - Terminate(): terminazione esplicita
  - Exit (e.g. for an external interrupt): terminazione implicita.
- Ogni processo ha un
  - ID unico,
  - Priorità

Process Operation

- Processi eseguiti simultaneamente
  - Il CSIM process manager crea questa illusione attivando e sospendendo I processi quando il tempo avanza e gli eventi si verificano
- ES: P1 e P2 attendono di utilizzare rispettivamente le facility F1 e F2



Process Operation



wait(F1)+
hold(F1,T_f1)+
release (F1) = use(F1,T_f1)

Process Operation

- I processi vengono eseguiti finche non invocano una
  - hold
  - use
  - allocate
  - wait

  } Accodano il processo
  - Terminate
- Processi vengono ri-avviati quando
  - Il tempo di hold termina,
  - L'attesa in coda termina
- Il tempo simulato trascorre solo se viene eseguita una
  - hold
  - use

- Processes: entità attive che
  - usano risorse (facility, storage, mailboxes),
  - attendono eventi,
  - Collezionano statistiche
- Facilities: modellano code e serventi, sono utilizzate dai processi
- Storages: risorse che possono essere parzialmente/discretamente allocate da un processo
  - Ad es. Una porzione di memoria, un descrittore di file o processo, un socket…
- Events: usati per sincronizzare i processi
- Mailboxes: usate per la comunicazione tra processi
- Data collection structures: usate per collezionare dati durante una simulazione
  - Ad es. l'andamento temporale di una variabile di stato (lunghezza di una coda)
- Process classes: usate per caratterizzare I processi nell'uso di risorse, eventi e statistiche
- Streams - streams di numeri casuali

Facilities

- Usate x modellare risorse
  - CPU, disk drive possono essere modellate con una facility
- Una simple facility consiste di un sigolo servente con una coda singola
  - Solo un processo alla volta può utilizzare il servente
- Una multiserver-server facility contiene una coda singola ed n-server
  - Tutti i processi sono messi nella coda di attesa e sbloccati non appesa si libera un server.
- I processi sono ordinati nelle code CSIM (di facility, storage o eventi) in base alla loro priorità
  - Un processo ad alta priorità viene processato prima di uno a bassa priorità
  - In caso di stessa priorità l'ordine di processamento è fcfs
  - la disciplina di servizio di una facility può essere cambiata

Esempio 1: modello C/S semplice

- Il client è modellato con un processo CSIM
- Il server è modellato con una facility
- Il processo degli arrivi (esponenziale) è modellato generando una sequenza di client in un ciclo while.
- (esempioCS1.doc)


```
/* Esempio 1*/
/* !!!!!!!!!Pseudo Codice!!!!!!!!!! */
#include "csim.h";

void sim( int argc,
      char *argv[]) {

FACILITY Server; /* Definizione di una facility */

generated_client=0;
resetted=false;
stop_client=false;

Server = facility("Server"); /* Inizializzazione di una facility */
```

```
/* simtime() mi restituisce il tempo di simulzione*/

while( simtime() <= SIMULATION_TIME )        {

interarrival_time = exponential( 0.1 ); /* Genera il tempo di interarrivo delle
    richieste distribuito come un'esponenziale di media 0.1*/

hold( (double)interarrival_time );

Web_client( generated_client );
generated_client++;

if ((simtime()>TRANSIENT_TIME)&&(!resetted)) {
reset();
resetted=true;
}
}
```



```
void Web_client( long int my_number ) {

   sprintf( strbuf, "Web_client%d", my_number );
   create( strbuf ); /* Creazione del processo */

use(Server, exponential(0.4) ); /* Utilizzo della facility */

/*
L'operazine use() realizza la sequenza delle 3 operazioni:
reserve(facility); //accoda se occupato riserva se libero
hold(hold_time); //fa avanzare il tempo simulato
release(facility); //rilascia la facility
*/

   terminate();

}
```


Facilities: reports

- Rapporti statistici per le facility possono essere prodotti chiamando le *report functions*.
- La funzione report_facilities stampa i rapporti relativi a tutte le facility instanziate.
- Per ogni facility vengono riportati:
  - facility name
  - service discipline
  - service time
  - utilization
  - throughput rate
  - queue length
  - response time
  - completed service requests

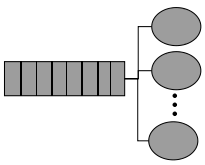
FACILITY: Report

FACILITY SUMMARY

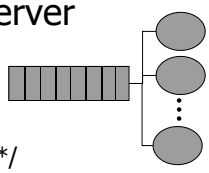
facility name	services disc	service time	util.	through put	queue length	response time	compl count
f	fcfs	0.40907	0.208	0.50900	0.27059	0.53162	509
ms fac	fcfs	1.50020	0.764	0.50900	0.83821	1.64678	509
> server	0	1.55358	0.494	0.31800			318
> server	1	1.41133	0.270	0.19100			191
q	rnd_rob	0.73437	0.507	0.69000	0.95522	1.38438	690

Facility Multiserver

- coda unica, centri servizio indipendenti
  - Network Dispatcher
  - HTTPd con architettura a "dispatcher" e numero fisso di istanze di processo
  - Ufficio postale, Banca, panettiere!!!



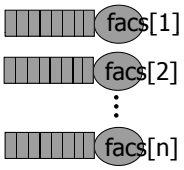
FACILITY: Multiserver

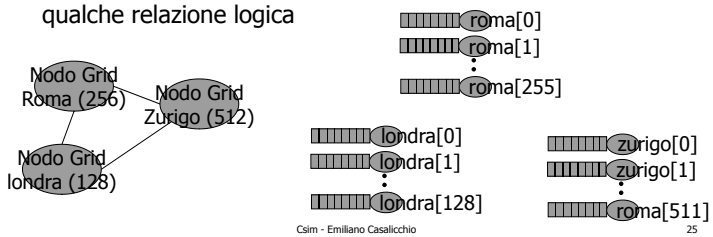


```
/* set number of servers to 3 */
#define NUM_SRVRS 3
FACILITY multi_server; /* declare facility*/
...
multi_server = facility_ms("multi srvr", NUM_SRVRS);
   /*initialize srvr with 3 srvrs*/
...
use(multi_server, service_time); /*use facility for length of
   service_time*/
```

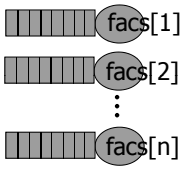
Array of Facilities

- code indipendenti
  - Cluster di server
  - Array di dischi
  - Postazioni di lavoro
  - Supermercato
- Array di Facility rappresenta serventi tra cui esiste una qualche relazione logica





FACILITY: ARRAY of

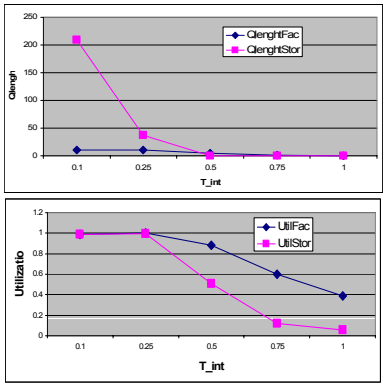



```
/*set number of facilities in array to 10 */
  #define NUM_FACS 10
  FACILITY facs[NUM_FACS]; /* declare facility array */
  ...
  /*initialize set of 10 facilities */
  facility_set(facs, "facs", NUM_FACS);
  i = random(0, NUM_FACS-1); /*select the facility to be used
  next*/
  use(facs[i], service_time); /*use facility[i] for length of
  service_time*/
```


Esempi

- licenceserver.c
- arrayofserver.c
  - Homeworks:
    - implementare la politica di selezione round-robin
    - Confrontare i risultati tra la politica unif. e rr al variare del valor medio di intT.
- multiserver.c
  - Homework
    - Modellare il dbase con un array of server (selezione uniforme)
    - Confrontare i risultati ottenuti con i due modelli al variare del valor medio di intT

Risultati licencerver.c



Tint	Req	Active
0.1	514	412
0.25	186	72
0.5	109	11
0.75	72	2
1	48	1

FACILITY: reserve with TimeOut

Esempio: Vogliamo modellare un timeout di connessione ad un server (web, o ssh, o ftp)

FACILITY: reserve with TimeOut

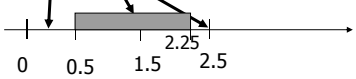
```
#define TIME_OUT 5.0 /*set length of time to wait for
                       facility*/
.....
st = timed_reserve(single_server, TIME_OUT); /*reserve
                                    facility in 5 time units*/
if(st != TIME_OUT) { /*if facility was, in fact, reserved in
                     time*/
    hold(service_time); /*simulate servicing customer for
                         service_time*/
    release(single_server); /*release facility since service is
                             now complete*/
} else { /*request timed out */
....
}
```

Esempi

- ReserveTimeout.c
  - Studiare il comportamento del sistema al variare del TIME_OUT e al variare di intT

FACILITY: Synchronized

```
#define PHASE 0.5 /*set time to onset of first clock cycle to 0.5 */
#define PERIOD 1.0 /*set length of clock cycle to 1 time unit*/
FACILITY bus; /*declare facility variable bus */
...
bus = facility("bus"); /*initialize facility and name it bus */
synchronous_facility(bus, PHASE, PERIOD); /*make the facility
synchronous */
...
reserve(bus); /*reserve the facility */
hold(bus,1.75);
release(bus); /*release facility since process no longer needs it*/
...
```



FACILITY: Service Function

```
FACILITY cpu; /*declare facility variable cpu */
   ...
   cpu = facility("cpu"); /*initialize facility and name it cpu */
   set_servicefunc(cpu, pre_res) /*set service protocol to
   preempt-resume*/
   ...
   priority = 100; /*make process high priority */
   use(cpu, service_time); /*preempt lower priority process and
   use facility*/
   ...
```


FACILITY: service discipline (1)

- fcfs - first come, first served
- inf_srv - infinite servers
- lcfs_pr - last come, first served, preempt
  - Un nuovo processo è sempre servito, affettuando preeption sul processo in servizio.
  - Priorità non considerata
- prc_shr - processor sharing
  - Tempo di servizio è determinato in base al numero di processi alla facility. Di default il tasso è n (numero di proc alla facility), ossia se ci sono n processi alla facility il tempo di servizio è moltiplicato di un fattore n
  - No queuing delay
  - Massimo 100 processi possono condividere una facility prc_shr

Prototype: void set_loaddep(FACILITY f, double rate[], long n)
Example: set_loaddep(f, rate, 10);

FACILITY: service discipline (2)

- pre_res - preempt resume
  - Processi alta priorità effettuano preemption su quelli a priorità + bassa
  - Processi con priorità uguale sono serviti con politica fcfs
- rnd_rob - round robin
  - Processi serviti in modalità RR.
  - Ogni processo utilizzerà la facility per un TIMESLICE specificato in set_timeslice
  - NO priority
- rnd_pri - round robin with priority
  - Processi ad alta priorità serviti prima.
  - Processi con la stessa priorità serviti in modalità RR.

Esempio

- servicefunc.c
  - Fare confronti tra le varie discipline di servizio al variare di intT

Esempio rr vs fcfs

IntT	policy	Serv-time	util.	Through put	Queue-lenght	Respons e time	Compl-count
1	fcfs	1.61508	0.99	0.61289	24.77065	40.41622	55
2	fcfs	1.6367	0.797	0.48723	1.52322	3.12628	43
3	fcfs	1.59144	0.553	0.34752	0.77289	2.22405	31
4	fcfs	1.45464	0.383	0.26336	0.42427	1.61101	24
5	fcfs	1.46897	0.331	0.22552	0.35204	1.56101	21
1	rnd_rob	0.75347	0.991	1.31493	31.75144	24.14695	118
2	rnd_rob	0.84793	0.797	0.94047	1.92905	2.05115	83
3	rnd_rob	0.897	0.553	0.61656	0.93743	1.52041	55
4	rnd_rob	0.99747	0.383	0.38406	0.49011	1.27612	35
5	rnd_rob	1.14253	0.331	0.28996	0.38426	1.32523	27

FACILITY: statistics

Per collezionare le statistiche relative alla facility f per ogni classe di processi

Prototype: void collect_class_facility(FACILITY f)
Example: collect_class_facility(f);

Per collezionare le statistiche relative a tutte le facility per ogni classe di processi

Prototype: void collect_class_facility_all(void)
Example: collect_class_facility_all();

FACILITY: statistics

char* facility_name(FACILITY f) pointer to name of facility
long num_servers(FACILITY f) number of servers at facility
char* service_disp(FACILITY f) pointer to name of service discipline at facility
double timeslice(FACILITY f) time in each time-slice for facility (which has a round robinservice discipline)
long num_busy(FACILITY f) number of servers currently busy at facility
long qlength(FACILITY f) number of processes currently waiting at facility
long status(FACILITY f) current status of facility Busy if all servers are in use FREE if at least one server is not in use

FACILITY: statistics

long completions(FACILITY f) number of completions at facility
long preempts(FACILITY f) number of preempted requests at facility
double qlen(FACILITY f) mean queue length at facility
double resp(FACILITY f) mean response time at facility
double serv(FACILITY f) mean service time at facility
double tput(FACILITY f) mean throughput rate at facility
double util(FACILITY f) utilization (% of time busy) at facility

FACILITY: statistics

long server_completions(FACILITY f, long sn) number of completions for server *sn* at facility
double server_serv(FACILITY f, long sn) mean service time for server *sn* at facility
double server_tput(FACILITY f, long sn) mean throughput rate for server *sn* at facility
double server_util(FACILITY f, long sn) utilization for server *sn* at facility

FACILITY: statisics

- long class_qlength(FACILITY f, CLASS c)
  number of processes from class at facility
- long class_completions(FACILITY f, CLASS c)
  number of completions for class at facility
- double class_qlen(FACILITY f, CLASS c)
  mean queue length for class at facility
- double class_resp(FACILITY f, CLASS c)
  mean response time for class at facility
- double class_serv(FACILITY f, CLASS c)
  mean service time for class at facility
- double class_tput(FACILITY f, CLASS c)
  mean throughput rate for class at facility
- double class_util(FACILITY f, CLASS c)
  utilization for class at facility

Uso della priorità dei processi

- priority.c

risultati

```
facility     service    service          through-    queue     response  compl
name           disc      time    util.     put       length      time     count
--------------------------------------------------------------------------------
httpd        rnd_pri    0.01436  0.992   69.10073   7.43680   0.10762    6266
  > class low pri       0.01031  0.630   61.06140   6.98122   0.11433    5537
  > class high pri      0.04511  0.363    8.03933   0.45264   0.05630     729

PROCESS CLASS SUMMARY

 id  name          number    lifetime   hold count   hold time   wait time
--------------------------------------------------------------------------------
  0  default          58     1.78488     1.00000     1.56343     0.22144
  1  low pri          37    17.11693   154.62162     1.54334    15.57359
  2  high pri         21     1.95452   157.04762     1.56613     0.38839
```


- Processes: entità attive che
  - usano risorse (facility, storage, mailboxes),
  - attendono eventi,
  - Collezionano statistiche
- Facilities: modellano code e serventi, sono utilizzate dai processi
- Storages: risorse che possono essere parzialmente/discretamente allocate da un processo
  - Ad es. Una porzione di memoria, un descrittore di file o processo, un socket…
- Events: usati per sincronizzare i processi
- Mailboxes: usate per la comunicazione tra processi
- Data collection structures: usate per collezionare dati durante una simulazione
  - Ad es. l'andamento temporale di una variabile di stato (lunghezza di una coda)
- Process classes: usate per caratterizzare I processi nell'uso di risorse, eventi e statistiche
- Streams - streams di numeri casuali

STORAGE: inizialize and use

```
#define STORE_AMT 100 /*set amount of storage to 100 units
   */
   STORE mem; /*declare storage variable mem */
   ...
   mem = storage("mem", STORE_AMT); /*initialize storage
   named mem with 100 units */
   ...
   amt = random(1, STORE_AMT); /*decide how much storage
   to allocate this time */
   allocate(amt, mem); /*get amount of storage decided upon*/
   ...
   deallocate(amt, mem); /* release storage which is no longer
   needed */
   ...
```


Esempio di uso

- Allocazione spazio su disco.
  - Unità di allocazione blocchi 2Kbyte.
  - nblocchi=sup(filesize_kbyte/2), es.: filesize=3548byte, nblocchi=sup(3548/2048)=sup(1.732)=2.
  - Operazione di memorizzazione su disco (allocate)
  - Operazione di cancellazione da disco (deallocate)
- Connettori ad un db o server licenza con postazioni limitate (es accesso ieee dlibrary).

STORAGE: Array of

```
#define NUM_STORES 5 /*set number of storage blocks in array*/
   #define STORE_AMT 100 /*set amount of storage in each storage
   block*/
   STORE mem[NUM_STORES]; /*declare storage block array*/
   ...
   storage_set(mem, "mem", STORE_AMT, NUM_STORES); /*initialize stor
   mem with 100 units per block*/
   ...
   amt = random(1, STORE_AMT); /*decide how much storage to allocate
   */
   allocate(amt, mem[3]); /*get storage from the fourth storage block*/
   ...
   deallocate(amt, mem[3]); /*release storage which is no longer needed*/
   ....
```

STORAGE: allocate with TimeOut

```
...
   st = timed_allocate(amt, mem, 1.0); /*get storage if possible
   within 1 time unit */
   if(st != TIMED_OUT) { /*if storage was gotten within the
   time limit */
   ...
   deallocate(amt, mem); /*release storage which is no longer
   needed */
   }
   else { /* allocate timed out */
   ...
   }
```


STORAGE: Synchronous

```
#define PHASE 0.5 /*set time to onset of first clock cycle to 0.5*/
   #define PERIOD 1.0 /*set length of clock cycle to 1 time unit*/
   #define STORE_AMT 100 /*set amount of storage in block to 100 units*/
   STORE mem; /*declare storage variable mem */
   mem = storage("mem", STORE_AMT); /*initialize storage named mem
   with 100 units*/
   synchronous_storage(mem, PHASE, PERIOD); /*make storage allocations
   synchronous*/
   ...
   allocate(5, mem); /*get 5 units of storage for this process */
   ...
   deallocate(5, mem); /*release storage which is no longer needed*/
   ...
```


STORAGE: statistics

char* storage_name(STORE s) pointer to name of store
long storage_capacity(STORE s) number of storages defined for store
long avail (STORE s) number of storages currently available at store
long storage_qlength(STORE s) number of processes currently waiting at store
double storage_request_amt(STORE s) sum of requested amounts from store
long storage_number_amt(STORE s) time-weighted sum of requesters for store
double storage_busy_amt(STORE s) busy time-weighted sum of amounts for store
double storage_waiting_amt(STORE s) waiting time weighted sum of amounts for store
long storage_request_cnt(STORE s) total number of requests for store
long storage_release_cnt(STORE s) total number of completed requests for store
long storage_queue_cnt(STORE s) number of queued requests at store
double storage_time(STORE s) time at store that is spanned by report