



Un entorno de aprendizaje y una propuesta de enseñanza de Simulación de Eventos Discretos con GPSS

LIC. GONZALO LUJÁN VILLARREAL

Director: ING. MARISA RAQUEL DE GIUSTI

Co-Director: DRA. SILVIA GORDILLO

ÍNDICE

1. Modelos y Sistemas, Simulación de Eventos Discretos
 2. GPSS, conceptos generales, enseñanza, implementaciones
 3. GPSS Interactivo: Entorno interactivo, motor de simulación con persistencia
 4. Diseño del curso y puesta en práctica
 5. Resultados, conclusiones, trabajos futuros
-

SISTEMAS, MODELOS Y SIMULACIÓN

¿Para qué sirve? Predecir el futuro y entender el pasado

¿Cómo funciona? Construcción de **Modelos de sistemas reales**

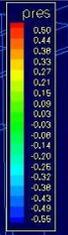
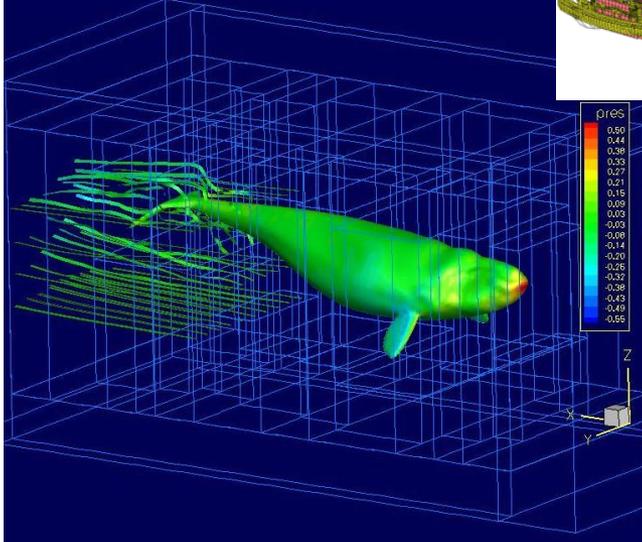
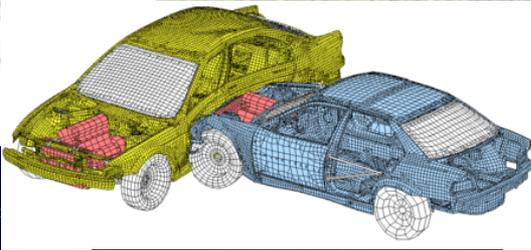
- abstracción
- diseño y construcción del modelo
- verificación y validación del modelo
- Ejecución, repetición, análisis

¿Para qué sirve un modelo?

¿Qué tipos de modelos existen?

Modelos matemáticos, físicos, de simulación...





SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS

En este contexto, los modelos son discretos, dinámicos y estocásticos

Trabajamos con

Clientes y tiempos de llegada

Servidores y tiempos de servicio

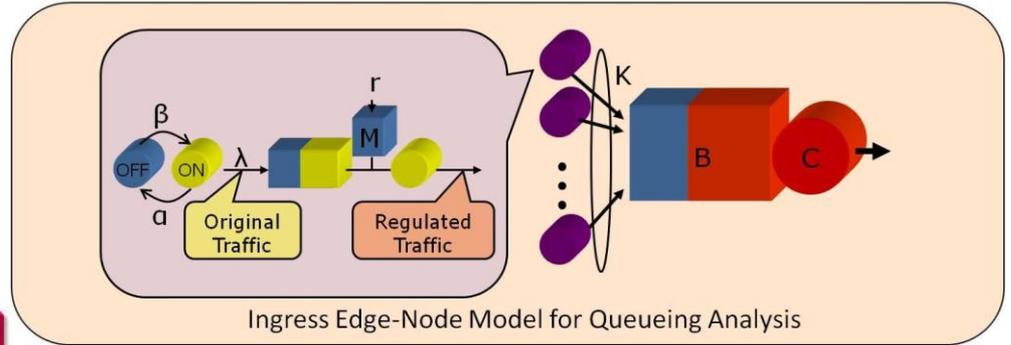
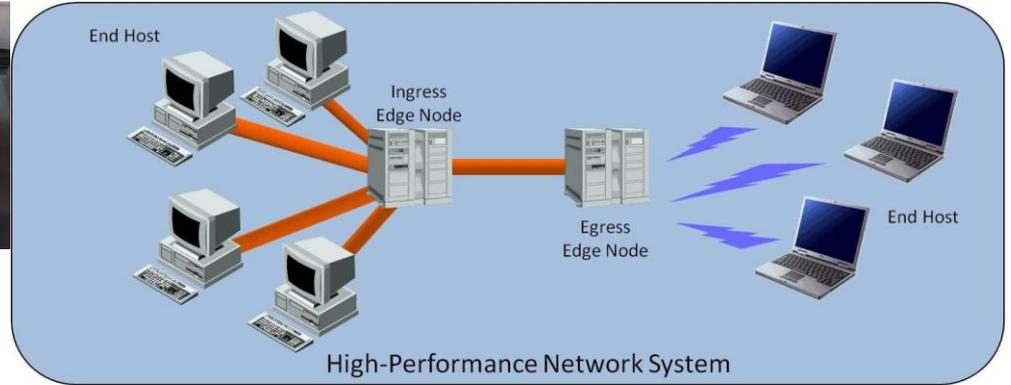
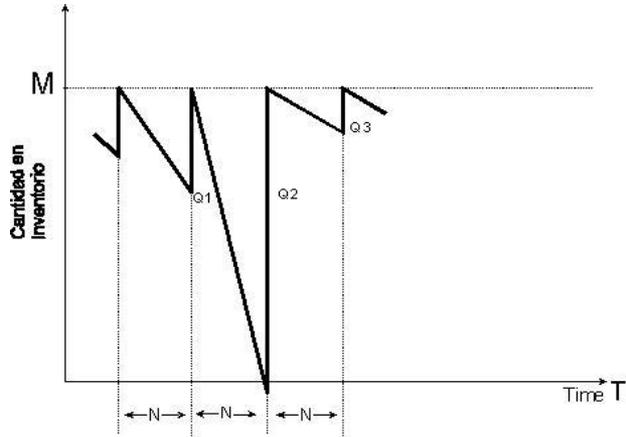
Líneas de espera

Evaluamos

Tiempos de espera, de atención,

Ocupación de servidores

Clientes atendidos/recibidos



GPSS

General Purpose Simulation System

Modelo "listo para usar" con:

- Entidades predefinidas
- Múltiples rutinas para trabajar con las entidades
- Completa librería de funciones (matemáticas, estadísticas)

Motor de simulación, para ejecutar los modelos
Reportes, experimentación, PLUS

GPSS

- Muy completo
 - Rápida ejecución de simulaciones
 - Réplicas, experimentación, lenguaje PLUS (GPSS World)
 - Diseñado para uso profesional
 - Muy utilizado en ámbitos académicos
-

GPSS

Pero...

- Requiere combinar conceptos de programación, estadística, DES,...
 - Sintaxis y semántica confusas
 - Implementaciones viejas, cerradas, costosas y dependientes de la plataforma
 - Falta de asistencia, ayudas
 - No diseñadas para enseñanza
-

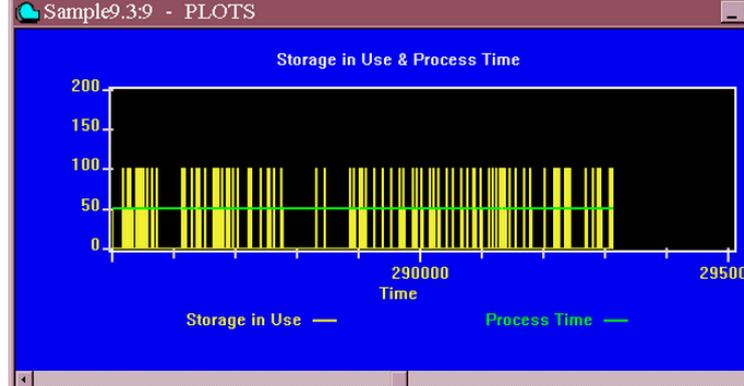


```

* 1. Node_Count      Number of Nodes 2.5 m. apart
* 2. Min_Msg         Bits
* 3. Max_Msg         Bits
* 4. Fraction_Short_Msgs Parts per thousand
* 5. Intermessage_Time Global Interarrivals
*
*****
* Factors - Default Treatment Levels
*****
Node_Count      EQU 100      ;Total Ethernet Nodes
Intermessage_Time EQU 1.0    ;Avg. Global Arrival every msec.
Min_Msg         EQU 512     ;The Shortest Message in bits
Max_Msg         EQU 12144   ;The Longest Message in bits
Fraction_Short_Msgs EQU 600 ;Short Msgs in parts per thousand
*****
Slot_Time       EQU 0.0512  ;512 bit times
Jam_Time        EQU 0.0032  ;32 bit times
Backoff_Limit   EQU 10      ;No more than 10 backoffs
Interframe_Time EQU 0.0096  ;96 bit times
*****
*
*      Definitions of GPSS Functions and Variables.
*
*****
Backoff_Delay VARIABLE Slot_Time#V$Backrandom ;Calc the Backoff Delay
Backrandom VARIABLE 1+(RN407(2^V$Backmin)-1)
Backmin VARIABLE (10*(10^L'P$Retries))+(P$Retries*(10^GE'P$Retries))
Node_Select VARIABLE 1+(RN3@Node_Count)
Collide VARIABLE ABS((X$Xmit_Node-P$Node_ID)/100000)'GE'(AC1-X$Xmit_Begint
Msgtime VARIABLE (0.0001)#V$Msggrand
Msggrand VARIABLE Min_Msg+(RN1'G'Fraction_Short_Msgs)#(Max_Msg-Min_Msg)
*****
*
*      The Message Delay Histogram
*
*****
Msg_Delays QTABLE Global_Delays,1,1,20
*****

```

For Help, press F1 Report is Complete.



```

Simulation begins.

Relative Clock: 2400.0000 Absolute Clock: 2400.0000

Block Current Total Block Current Total
1 15 11 149
NEXTCYCL 4 164 12 149
3 160 13 1
4 1 160 14 1
5 159
6 159
7 8 159
8 151
9 2 151
10 149

--Avg-Util-During--
Storage Total Avail Unavl Entries Average Current Percent Capacity Average Current Maximum
Time Time Time Time/Unit Status Avail Contents Contents Contents
CRANES 0.955 311 22.107 AVAIL 100.0 3 2.865 3 3

Random Antithetic Initial Current Sample Chi-Square
Stream Variates Position Position Count Uniformity
1 OFF 100000 100634 634 0.70

Status of Common Storage

7688 bytes available
2312 in use
2424 used (max)

Simulation complete. Absolute Clock: 2400.0000

Total Block Executions: 1727
Blocks / second: 12193049
Microseconds / Block: 0.08

Elapsed Time Used (Sec)
Pass1: 0.00
Sym/Xref 0.00
Pass2: 0.00
Load/Ctrl: 0.00
Execution: 0.00
Output: 0.00
-----
Total: 0.00
gonetil@gonetil-laptop:~/wine/drive_c/Wolverine/GPSSH$

```

ENSEÑANZA DE GPSS

Varios proyectos intentan mejorar la enseñanza de GPSS

- Lenguajes similares (ej. ISDS)
 - Lenguajes tradicionales con librerías adicionales (ej. PASSIM para Pascal)
 - Modelos icónicos, drag and drop
 - Herramientas de debug y ejecución controlada
 - Integración con otros sistemas (ej. LMS)
-

Java Gpss

File Edit Simulation Help

main

Generate

Queue

Seize

Depart

Advance

Release

Terminate

Basics Facilities Logics

New Bloc

Generate

Add description Bloc

New entities

A 1.0

B 0.5

C 0.0

E 0.0

F 0

Create Process

Clock

WebGPSS

Arhiv Radigera Visa Kontrola Hjelpe

GENERATE TERMINATE

SEIZE RELEASE

ADVANCE GOTO

ARRIVE DEPART

ENTER LEAVE

IF WAITIF

PRIORITY LET

PRINT GRAPH

HELP

Kor 1 gänger

Starta med 1 boll(er)

WebGPSS

©2010-2011 SimLab FON

STUDENTI OCNJIVANJE PRIMERI IZVEŠTAJI

WebGPSS - Administraciona konzola > Ocnjivanje

IME I PREZIME	BR. INDEKSA	GENERACIJA	ZADATAK	FILTER
		- Izaberi -	- Izaberi -	

IME I PREZIME	BR. INDEKSA	ZADATAK	OCENA	POSLEDNJA IZMENA	OCENJIVANJE
Jelena Stevic	155/06	Jedan proces, jedno mesto opsluzivanja (jednokanalni model)	8	06.06.2011 13:03	OCENJIVANJE
Nenad Stojanovic	209/05	Paralelni procesi (dva ili vise) koji se moraju sinhronizovati.	10	09.06.2011 13:03	OCENJIVANJE
Maja Zoric	123/05	Paralelni procesi (dva ili vise) koji se moraju sinhronizovati.	netačno	08.06.2011 16:50	OCENJIVANJE
Aleksandar Markovic	406/05	Jedan proces, jedno mesto opsluzivanja (jednokanalni model)	10	10.06.2011 09:58	OCENJIVANJE
Danijela Kulezic	3/05	Paralelni procesi (dva ili vise) koji se moraju sinhronizovati.	10	10.06.2011 12:40	OCENJIVANJE
Goran Radoicic	131/05	Paralelni procesi (dva ili vise) koji se moraju sinhronizovati.	9	10.06.2011 13:21	OCENJIVANJE

Block Properties

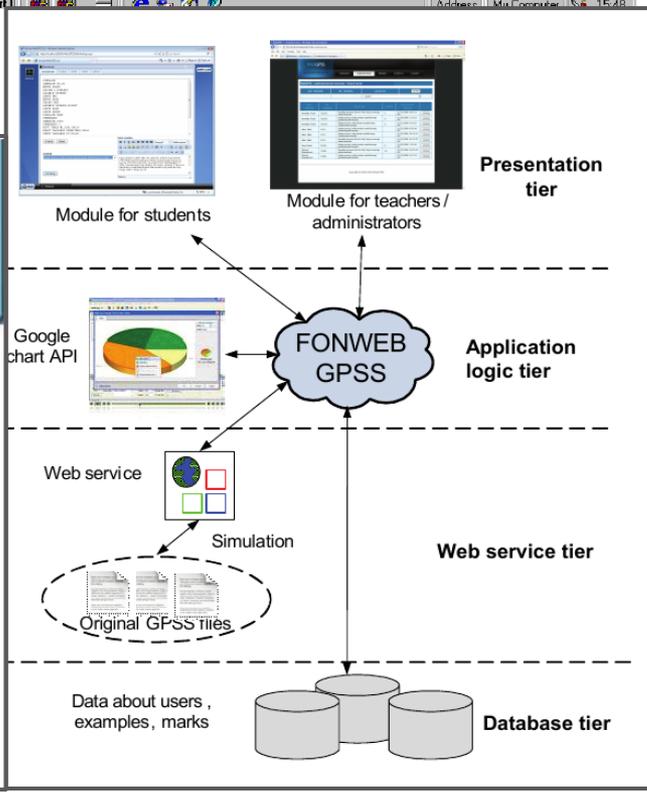
Modify Block

delete Block

Proces Properties

Modify Proces

Delete Proces



SIMULACIÓN Y ENSEÑANZA

¿Cómo brindar ayuda a los estudiantes en entornos virtuales?

- Integración con las actividades
 - Conocer su desarrollo cognitivo
 - Diferentes representaciones, niveles de abstracción
 - Asistencia contextual vs global
 - ¿A cargo de quién? ¿Implícita o a demanda?
 - El sistema de ayuda debe fomentar el desarrollo cognitivo y metacognitivo
-

SIMULACIÓN Y ENSEÑANZA

¿Cómo diseñar un curso de simulación de eventos discretos?

SUCCESSFUL, Ståhl

- Balance temático amplio
 - Niveles dispares, orígenes dispares
 - Herramienta como apoyo (y no un fin!), pensada de acuerdo a los alumnos (lenguajes)
 - Hacer énfasis en el modelo y en el análisis de la salida
-

SIMULACIÓN Y ENSEÑANZA

Software de simulación: elementos a tener en cuenta:

- Facilidad de aprendizaje.
 - Ingreso de datos, programación segura.
 - Interpretación de la salida.
 - Disponibilidad, costo, limitaciones.
 - Eficiencia.
 - Potencial avance hacia otras herramientas.
 - ¿Acceso al código fuente?
-

GPSS INTERACTIVO

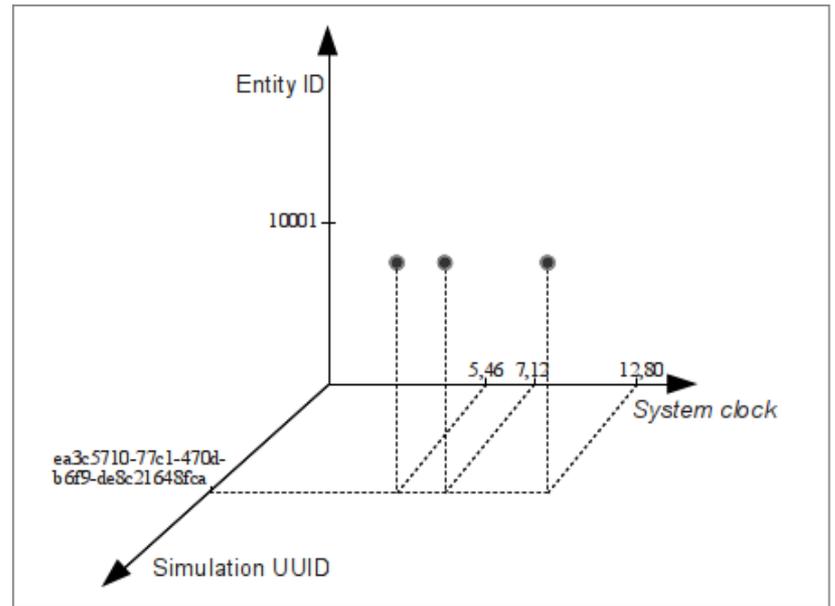
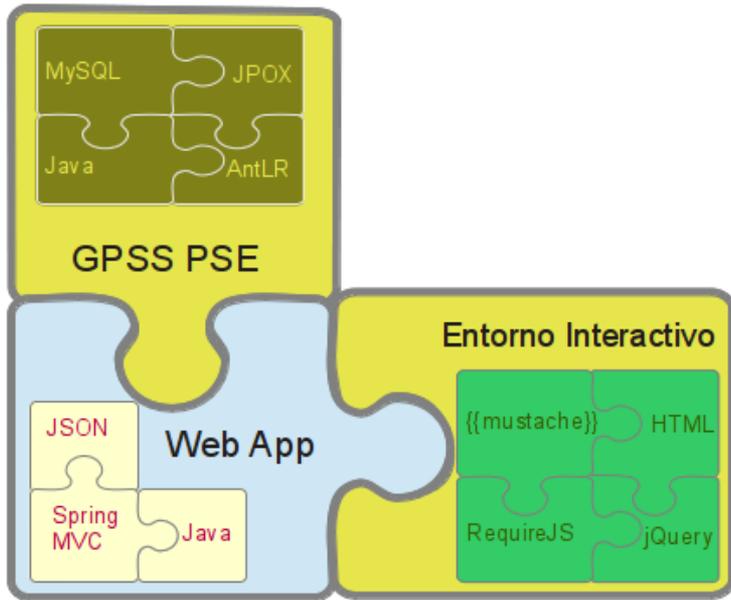
Propuesta

Ayudar al alumno a construir sus primeros modelos y a fijar los elementos sintácticos y semánticos de GPSS.

Comprender cómo se ejecutan sus modelos, cómo transcurre el tiempo.

Simplificar la integración con otras plataformas y sistemas.

Libre, abierta y multiplataforma.



Help About Log out

English

GPSS Code GPSS Diagram Profile Community

bestWay FUNCTION RN1,D3
.3,1/8,2/1,3

tiempos TABLE t,10,5,5

ways STORAGE 10

START 10

GENERATE 2,3
QUEUE bridge
SEIZE bridge
DEPART bridge
ADVANCE 12,5
RELEASE bridge
TERMINATE

GENERATE 3600
TABULATE tiempos
TERMINATE 1

Block List

Blocks

GENERATE
QUEUE
SEIZE
DEPART
ADVANCE
RELEASE
TERMINATE
GENERATE
TABULATE
TERMINATE

Commands

FUNCTION
TABLE
STORAGE
START

GENERATE
TERMINATE
SEIZE
RELEASE

START
FUNCTION
STORAGE
TABLE

Add block

ADVANCE

Mean:

SD:

Insert

ADVANCE BLOCK

ADVANCE BLOCKS are used to queue transactions in the FEC. Depart time is calculated from A and B params. Usually, ADVANCE blocks represent the Service Time, such as...

Photo Photo Photo

Add Command

TABLE

Table argument:

Upper limit of 1st FC:

Size of FC:

Number of FC:

Queue

TABLE COMMAND

Table command is used to define TABLE Entities, A TABLE is very useful to calculate...

Parameters:
Table Arg...

GPSS INTERACTIVO

- Entorno Interactivo
 - Desarrollada sobre estándares HTML5, CSS3, Javascript,
 - Web, pero no requiere un servidor web,
 - Modular, MVC, extensible, abierta
 - nuevos bloques/comandos pueden ser incorporados como *plugins*
 - plantillas/vistas pueden ser agregadas fácilmente
-

GPSS INTERACTIVO

- Construcción de modelos mediante diálogos
 - Asistencia (tips) al usuario
 - parámetros ordenados, opcionales y obligatorios + validación
 - operadores lógicos y relacionales, propuesta de entidades
 - Agrupación por entidad, galerías de imágenes
 - Se evitan errores de sintaxis
-

GPSS INTERACTIVO

- Las entidades pueden ser manipuladas intuitivamente
 - Discriminación de bloques vs comandos
 - Distribución de elementos en paneles (metamodelo + modelo)
 - Modelos pre diseñados disponibles (fácil incorporación de más modelos)
-

PANELES

GPSS Code Report GPSS Diagram

▶ ⚙️ ⚙️ ⚙️

COMMAND QUEUE

1 START ▶ ▶ ✖

FUNCTION ▶ ▶ ✖

STORAGE ▶ ▶ ✖

BLOCK LIST

GENERATE ▶ ▶ ✖

ASSIGN ▶ ▶ ✖

SEIZE ▶ ▶ ✖

ADVANCE ▶ ▶ ✖

RELEASE ▶ ▶ ✖

2 TERMINATE ▶ ▶ ✖

GENERATE ▶ ▶ ✖

SEIZE ▶ ▶ ✖

ADVANCE ▶ ▶ ✖

RELEASE ▶ ▶ ✖

TERMINATE ▶ ▶ ✖

```
1 START 30,  
2 random FUNCTION RN2,D4,  
.2,3/.5,4/.7,9/1,10  
3 cajas STORAGE 12,
```

3

```
1 GENERATE 4, 1,  
2 ASSIGN 2, 3,  
3 SEIZE espera,  
4 ADVANCE 20, 3,  
5 RELEASE espera,  
6 TERMINATE 1,  
7 GENERATE 5,  
8 SEIZE espera,  
9 ADVANCE 5, 1,  
10 RELEASE espera,  
11 TERMINATE 1,
```

4

▶ TRANSACTIONS (5)

▶ FLOW_CONTROL (2) 5

▶ QUEUES (2)

▼ FACILITIES (3)

SEIZE
A

RELEASE
A

PREEMPT
A B C D E

▶ STORAGES (2)

▶ SAVEVALUES (1)

START
A

name FUNCTION
NAME A B VALUES 6

name STORAGE
NAME A

DIÁLOGOS Y MANIPULACIÓN DE ENTIDADES

Add new TERMINATE block ✕

Block label

 You can add labels to blocks and reference them later

A: Termination count decrement
 Termination count decrement
 Termination count decrement: units by which termination count will be decremented

* Required

Add

START

BLOCK LIST

SEIZE	▶	◀	✕
GENERATE	▶	◀	✕
ENTER	▶	◀	✕
ADVANCE	▶	◀	✕
RELEASE	▶	◀	✕
LEAVE	▶	◀	✕
TERMINATE	▶	◀	✕

Add

```

1 SEIZE Cajero,
2 GENERATE 3, 2,
3 ENTER cajas, 2,
4 ADVANCE 4, 1,
5 RELEASE Cajero,
6 LEAVE cajas, ,
fin TERMINATE 20,
    
```

Add new SAVEVALUE block ✕

Block label

 You can add labels to blocks and reference them later

A: Entity Name or number *
 Entity Name or number
 Entity Name or Number of the Storage

B: Value *
 Value
 Value to assign to or modify from the Savevalue entity

* Required

Add

Block label

 You can add labels to blocks and reference them later

A: Entity Name or number *
 Entity Name or number
 Entity Name or Number of the Storage

B: Units
 Units
 Number of units to occupy on the storage

* Required

Add



The market stores extra products in shelves in a back shed



ASISTENCIA

COMMAND QUEUE

STORAGE ▶ ✓ ✗
FUNCTION ▶ ✓ ✗
 START ▶ ✓ ✗

```
1 cajas STORAGE 21,  
2 miCaja FUNCTION Rn1,D3,  
.2,3/.7,4/1,2  
3 START 10,
```

BLOCK LIST

SEIZE ▶ ✓ ✗
 GENERATE ▶ ✓ ✗
 ENTER ▶ ✓ ✗

```
1 SEIZE Cajero,  
2 GENERATE 3, 2,  
3 ENTER cajas, 2,  
4 ADVANCE 4, 1,  
5 RELEASE Cajero,  
6 LEAVE cajas, ,
```

```
1 cajas STORAGE 21,  
2 miCaja FUNCTION Rn1,D3,  
.2,3/.7,4/1,2  
3 START 10,
```

```
1 GENERATE 3, 2,  
2 SEIZE Cajero,  
3 ENTER cajas, 2,  
4 ADVANCE 4, 1,  
5 RELEASE Cajero,  
6 LEAVE cajas, ,  
fin TERMINATE 20,
```

Add new PREEMPT block

Block label

You can add labels to blocks and reference them later

A: Facility *

 Facility Name or Number

B: Priority Mode (PR)

 PR, for Priority Mode, or Interrupt Mode, if omitted.
 Optional. The operand must be PR or Null.

C: Block for preempted transaction

 New destination for Transaction presently owning the
 Facility.

D: Residual time

 Parameter of preempted Transaction to receive residual
 time if preempted Transaction is removed from FEC.

E: Remove Mode

 Removes preempted Transaction from contention for the
 Facility.

* Required

Add new GATE block

Block label

You can add labels to blocks and reference them later

Operator:
 FNV
 FV number to be tested *
 A: Entity name
 Entity name
 The entity name
 Required.
 Parentheses
 NI
 B: Destination
 Destination
 Optional.
 Parentheses
 * Required
 U

EJECUCIÓN DE LA SIMULACIÓN

0 simulation snapshots' clocks

0
3.9235127628131634
5.923512762813163
6.56383600878197
8.385269144219745
8.394695374020838
10.56383600878197
10.725563597858883
11.385269144219745
12.205430767204149
14.394695374020838
15.383997631766373
15.596587235555367
15.620860440823583
16.621055964618414
18.725563597858883
18.810125056640274
19.286294561742604
21.475875152711247
23.390997709777906
24.221806380590845
25.59658723555537
26.235336707838886

Clock: 16.621055964618414 Termination Count : 5

FEC: XN Id: 7 XN Id: 8 XN Id: 11

CEC: XN Id: 9

Facilities
ID: 1002
Available: true Capture Count: 4 Idle: false Owner: XN 6 / BDT: 19.286294561742604
Delay Chain: XN Id: 8 XN Id: 10

Storages
• ID: 1001
Available: true
Capture Count: 3
Capacity: 2
Current use: 1
Maximum use: 2

Queues
Blocks

Storages

ID: 1001
Available: true
Capture Count: 3
Capacity: 2
Current use: 1
Maximum use: 2

CADENAS Y TRANSACCIONES

FEC: XN Id: 7 XN Id: 6 XN Id: 11

CEC XN Id: 9

FEC: XN Id: 7 XN Id: 6 XN Id: 11

- BDT: **18.810125056640274**
- Priority: **0**
- Mark Time: **14.394695374020838**
- Assembly Set: **7**
- State: **2**
- Block Count: **4**
- Delay Indicator: **false**
- Trace Indicator: **false**
- Current Block: **ADVANCE(A=0.0;B=0.0;)**
- Next Sequential Block:

Facilities

ID: 1002

Available: true Capture Count: 4 Idle: false Owner: XN 6 / BDT: 19.286294561742604

Delay Chain: XN Id: 8 XN Id: 10

- BDT: **16.621055964618414**
- Priority: **0**
- Mark Time: **16.621055964618414**
- Assembly Set: **10**
- State: **4**
- Block Count: **3**
- Delay Indicator: **true**
- Trace Indicator: **false**
- Current Block: **SEIZE (A=null;)**
- Next Sequential Block:

MOTOR DE SIMULACIÓN DE GPSS CON PERSISTENCIA

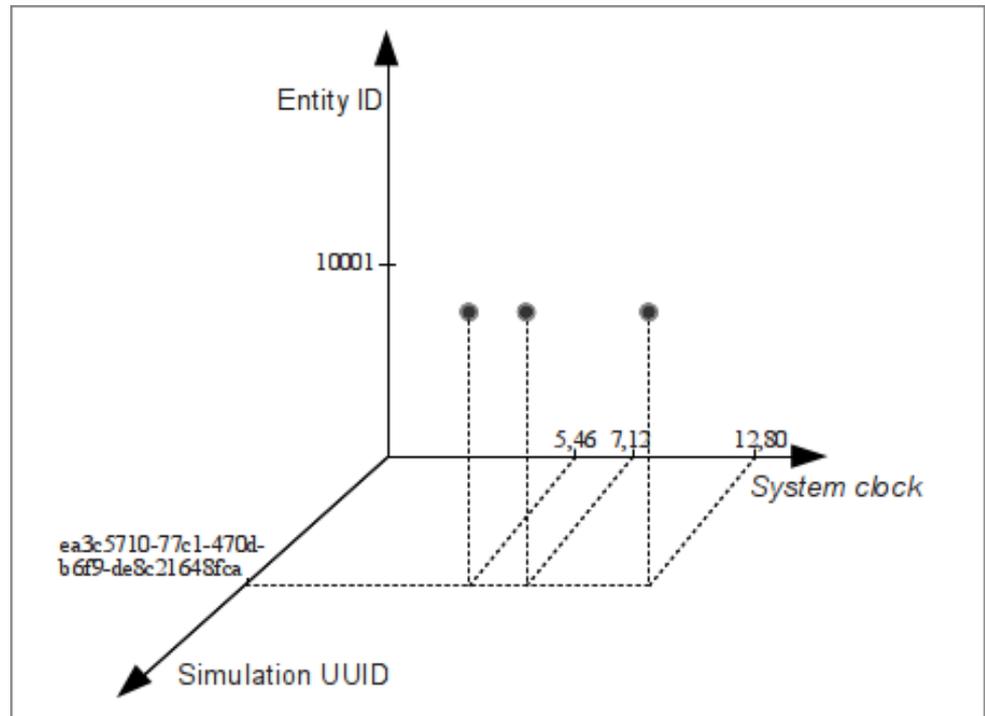
- Permite ejecutar un programa GPSS
 - Modelos de entidades de GPSS
 - Motor de simulación
 - Parser y compilador GPSS
 - EBNF
 - ANTLR
 - Código abierto, tecnologías libres, independencia de la plataforma (Java, MySQL/JDO, maven)
-

MOTOR DE SIMULACIÓN DE GPSS CON PERSISTENCIA

- Con cada cambio de reloj de simulación
 - recolecta el estado de la simulación antes de cada cambio (todas las entidades y sus relaciones)
 - genera una “imagen instantánea” de la simulación en ese momento
 - envía la instantánea para su almacenamiento en una base de datos (persistencia)
 - almacenamiento asíncrono, para no frenar la ejecución de la simulación
 - lista de simulaciones pendientes de guardar
-

MOTOR DE SIMULACIÓN DE GPSS CON PERSISTENCIA

- Identifica las entidades a partir de su identificador, su ejecución (simulación) y su tiempo de reloj



- Permite recuperar:
 - todo el historial de una simulación
 - todo el historial de una entidad
 - toda una simulación en un determinado “momento”

PENSANDO EL CURSO

Objetivos:

- pensar el curso de MyS para aprovechar mejor GPSS Interactivo
 - fomentar la observación y evocar la intuición y los procesos de análisis de los alumnos
 - establecer relaciones entre conceptos de anclaje y los conceptos vistos en cada encuentro
 - Promover el autoaprendizaje mediante la adopción de un rol activo
-

PENSANDO EL CURSO

Organización temática

1. visión integral y global
2. profundización por temas

Alumnos con rol activo, participativo

- surge una necesidad, un problema nuevo
 - ¿se puede “atacar” con lo visto hasta ahora?
 - nuevos conceptos derivados de otros
 - GPSS Interactivo como disparador
-

PENSANDO EL CURSO: ROLES

Repaso (15-20 minutos, alumnos)

Situación o problema nuevo (docente)

Búsqueda de alternativas de solución
(alumnos)

- a. conceptos ya vistos
- b. imaginando nuevas opciones
- c. validación de dichas opciones

Selección de una alternativa (docente,
alumnos); explicación (docente)

PENSANDO EL CURSO: ROLES

Ejemplos:

- Un comando para los almacenes (STORAGE)
 - El problema de la cadena de reintentos (Retry Chain)
 - Implementación de la persistencia del historial de simulaciones
 - Bloques de grupos (SCAN, ALTER) y parámetros avanzados
-

PENSANDO EL CURSO

Algunas dificultades:

- nivel dispar de los alumnos
 - más/menos conocimientos previos
 - diferentes capacidades de abstracción y análisis
 - falta de costumbre de participación
 - planificación de las clases día a día (¿es un problema?)
 - no se sigue un “molde preestablecido”, pero sí una guía de objetivos
 - adaptación a las necesidades de los alumnos
-

PENSANDO EL CURSO

Algunas ventajas

- planificación de las clases día a día
 - GPSS Interactivo permitió explorar, probar, observar, jugar, combinar...
 - Migración hacia GPSS World (Minuteman Software) paulatina y sin problemas
-

PENSANDO EL CURSO

Más ventajas:

- reducción considerable de tiempo para tratar los mismos temas (~50%)
 - buenos resultados en los trabajos integradores finales
 - Permanencia de los conceptos aprendidos
-

A FUTURO

- Integración con LMS
 - Guías de extensión de las herramientas
 - similar a la propuesta de JGPSS: alumnos implementan su simulador!
 - Adaptabilidad del entorno al avance del curso
 - Ej: atributos, cadenas y bloques aparecen cuando “tienen sentido”
-

A FUTURO

- Vistas específicas de entidades
 - Navegación a través del modelo simulado
 - Creación, edición y almacenamiento de modelos pre-armados
 - Difusión del proyecto: sitio web, foros, wiki, scm (svn por ahora...)
-

Fin...

¡Muchas gracias!

Gonzalo Luján Villarreal

gonzalo@prebi.unlp.edu.ar
