

Simulación a Eventos Discretos

Tema 2: Estructuración

Estructuración de un modelo SED

Existen varios enfoques para estructurar y programar un modelo de SED:

- Orientado a *eventos*: Los elementos centrales son los eventos (acciones que ocurren en instantes del tiempo) y sus efectos en el estado del sistema.
- Orientado a *procesos*: Se modela el ciclo de vida de las entidades, que involucra recursos y esperas en colas. Un proceso en general es una lista de eventos, actividades y demoras. Enfoque consistente con el modelado en base a diagrama de flujos, disponible en varios productos existentes de software para SED.
- *Escaneo de actividades*: El tiempo avanza según intervalos constantes y se verifican las condiciones para ejecutar las actividades.

Estructuración de un modelo SED

- En este curso, particularmente en la parte de fundamentos, nos basamos en el enfoque (o *vista del mundo*) particular, denominado *enfoque de tres fases*. Es una combinación del enfoque orientado a eventos y el de escaneo de actividades.
- Para ello es importante entender los *conceptos* y la *terminología*, y conocer algunas herramientas como los *diagramas de descripción*.

Conceptos y terminología

- tiempo
- entidades y recursos
- eventos
- estados y colas
- actividades
- ejecutivo
- calendario
- diagramas

Tiempo

Modelo de SED es aquel en el que los cambios de su estado ocurren en puntos discretos del tiempo (eventos). Cada punto del tiempo en que ocurre uno o más eventos se llama un *golpe de reloj*.

La medida de *tiempo de la simulación* se da en unidades de tiempo, apropiadas para el sistema en cuestión.

Duración de la simulación: período durante el que transcurre la simulación, medido en unidades de tiempo (independiente del tiempo que le lleva a la computadora realizarlo).

Tiempo

Un programa de simulación comienza en tiempo 0 y ejecuta todos los eventos en el orden que deben ocurrir, avanzando de un evento a otro hasta que:

1. no hay más eventos a ejecutar,
2. el tiempo de ejecución del próximo evento supera el máximo previsto como duración de la simulación,
3. se ejecutó algún evento que ponga fin a la simulación.

Ejemplos: en el hospital el tiempo se mide en días (o partes de días) y la duración es arbitraria, mientras que en el taller la duración es una jornada de trabajo.

Entidades y recursos

Entidades: objetos o individuos cuyas actividades modelamos.

Atributos: identifican a las entidades. En los atributos se debe incluir un número (a veces llamado *reloj de entidad*) que indica el tiempo del próximo evento (en el que participa la entidad).

Recursos: son elementos que actúan como restricciones en las actividades de las entidades. Se pueden pensar como reservas valiosas guardadas en un recipiente o alcancía que se toman cuando se necesitan y se vuelven a guardar cuando no.

Ejemplos

Pacientes: entidades con un reloj que identifique el tiempo en que ocurrirá su próximo evento.

Camas: recursos sin ninguna característica propia.

Sala de operaciones: entidad.

Distinguir entre entidades *temporarias* y *permanentes*.

Las entidades pertenecen a distintas *clases*, que permiten diferenciar grupos de identidades (por ejemplo: pacientes que necesitan operación, pacientes que no lo necesitan, sala de operaciones).

Eventos

Un evento ocurrirá en un punto particular del tiempo, cuando una entidad hace algo o le ocurre algo, lo que hace cambiar el estado del sistema.

Tipos de eventos:

1. Evento *seguro* o *agendado* (B events, bound): su ocurrencia es predecible y puede ser agendado.
2. Evento *condicionado* o *eventual* (C events): su ocurrencia depende del cumplimiento de ciertas condiciones (por ejemplo, disponibilidad de ciertos recursos).

Cuando una entidad va a participar de un evento, el tiempo de ese evento (la hora en que ocurrirá) es escrito en su *reloj*.

Eventos

Evento fijo importante: *feeder* o *alimentador*, cuyo cometido es generar entidades temporarias. Cada vez que un alimentador genera un arribo, crea una nueva entidad y asigna el tiempo de su llegada al sistema.

Ejemplos en el hospital:

- Evento fijo arriboPaciente: alimentador que determina el tiempo de las llegadas de los pacientes.
- Evento condicionado comienzoInternación: supeditado a la disponibilidad de cama y de paciente esperando.

Estados y colas

Estados de una entidad (una vez creada):

1. Ocupada: cuando está agendada para algún evento fijo.
2. En cola: en espera del turno para que alguna condición sea satisfecha.
Criterio mas común: FIFO.
3. Desocupada: inactiva u ociosa, ni ocupada ni en cola.

Ejemplos en el hospital: Un paciente está en cola cuando está esperando admisión y está ocupado cuando está internado. La sala de operaciones está ocupada o desocupada (no espera).

Actividades

Una actividad generalmente comienza con un evento condicionado y termina con un evento fijo. El identificador y el tiempo del evento fijo del final de la actividad, son agendados desde el evento condicionado que inició la correspondiente actividad.

Una entidad ocupada está comprometida en una actividad.

Ejemplo: actividad internación comienza con `comienzoInternación` (evento Condicionado) y termina con `finInternación` (evento Fijo).

Ejecutivo

Ejecutivo o mecanismo de avance del tiempo es el procedimiento (programa) que se encarga de que los eventos sucedan en el orden correcto (existen otros nombres).

Para eso necesitamos un calendario que puede ser:

- Una lista de entidades que identifican los próximos eventos a ejecutar o
- una lista de eventos identificando las correspondientes entidades participantes.

El calendario está ordenado según los tiempos de los relojes de las entidades (entity clock).

Tareas del ejecutivo

- Avanzar el tiempo de la simulación al tiempo del próximo evento agendado mediante la selección de la primera entidad del calendario.
- Activar el evento de esa entidad y luego progresivamente activar cada evento agendado a ocurrir en ese mismo horario (golpe de reloj).
- Cuando se ejecutan todos los eventos agendados para esa hora, se vuelve a la primera etapa, avanzando el tiempo de la simulación al tiempo del próximo evento.

Para que la simulación comience debe existir por lo menos una entidad en el calendario (alimentador o inicializador).

Ejecutivo en el enfoque de tres fases

1. Avanzar el reloj al tiempo del próximo evento fijo.
2. Ejecutar todos los eventos fijos que ocurren a esa hora.
3. Verificar todos los eventos condicionados y ejecutar aquellos cuyas condiciones se satisfagan.

Diagrama de actividades

Describe la vida de las entidades en el sistema y su interacción con otras entidades.

Entidades temporarias: diagrama de flujo de actividades.

Entidades permanentes: diagrama de ciclo de actividades.

Representación de elementos del modelo:

Colas = círculos.

Actividades = rectángulos.

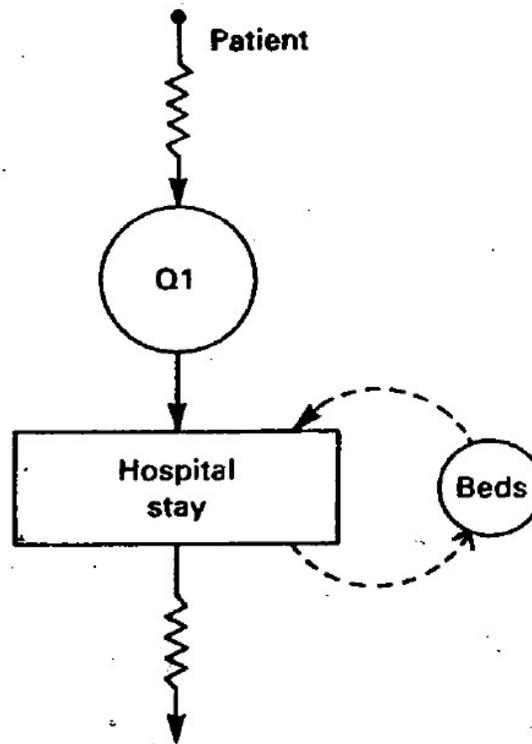
Recursos = círculos pequeños.

Secuencia de actividades = líneas dirigidas.

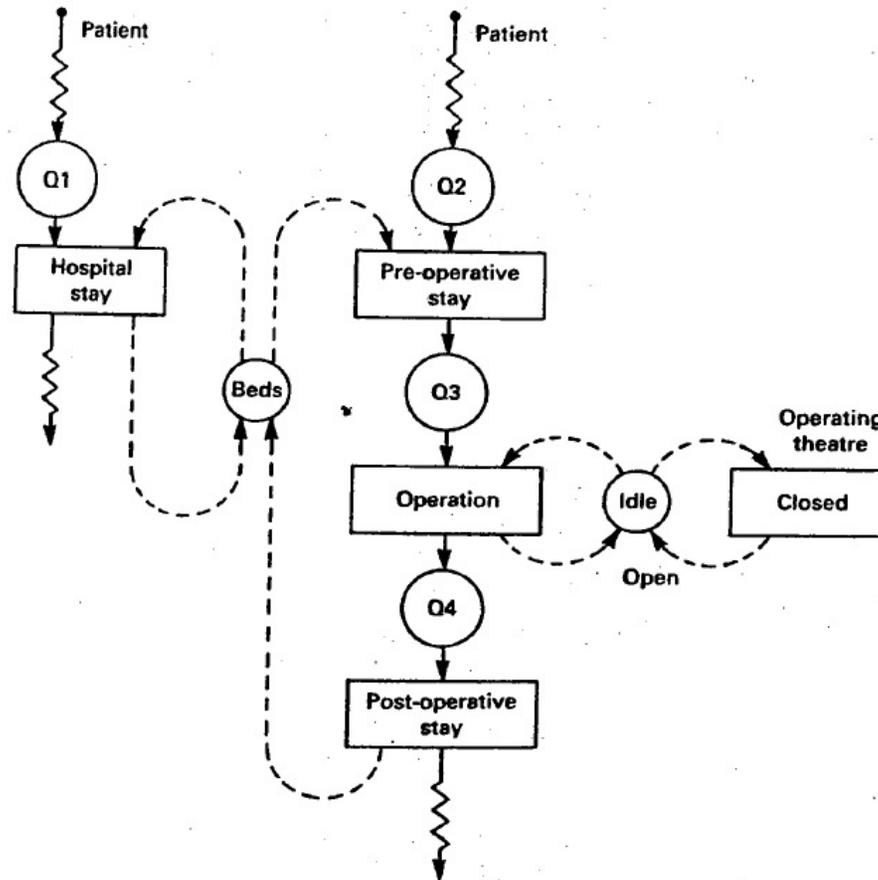
Creación y destrucción de entidades = líneas zig-zag.

Dependencia de disponibilidad de recursos = líneas punteadas.

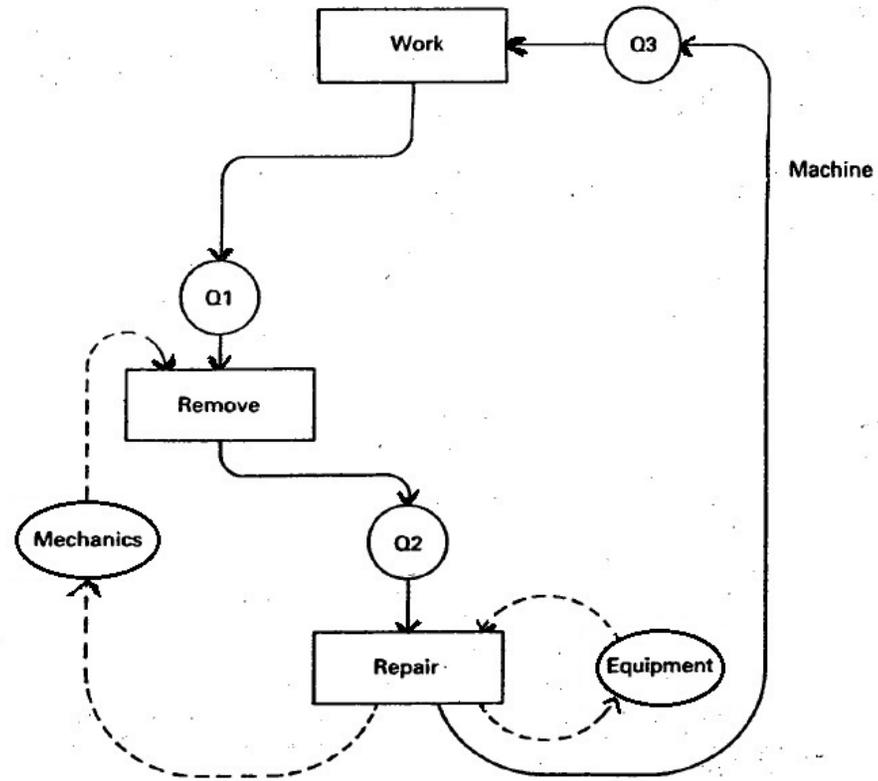
Ejemplo: hospital simple



Ejemplo: hospital complejo

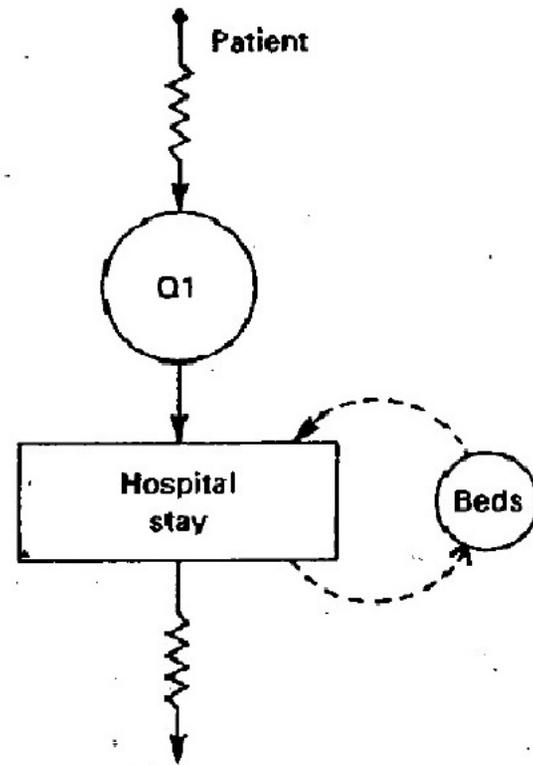


Ejemplo: taller de reparaciones



Pseudocódigo: hospital simple

```
procedure patient_arrival; { B1 }  
begin  
  < put the newly arrival patient in Q1 for admission >;  
  < treat the next patient >;  
  < set the time of arrival of this next patient >;  
end;  
procedure start_hospital_stay; { C1 }  
begin  
  while < Q1 is not empty and a bed is available > do  
    begin  
      < admit the next patient from Q1 >;  
      < acquire a bed >;  
      < set the time to end this patient's hospital stay >;  
    end  
  end;  
procedure end_hospital_stay; { B2 }  
begin  
  < discharge this patient >;  
  < return the bed >;  
end;
```



Hospital simple: instancia particular con 4 camas

<i>Patient number</i>	<i>Arrival day</i>	<i>Length of stay</i>
1	0	4
2	1	3
3	1	4
4	1	3
5	2	1
6	4	4
7	4	2
8	4	1
9	4	2
10	5	1
11	5	1
12	6	1
13	8	3

Hospital simple: calendario del día 6

<i>Phase</i>	<i>Event</i>	<i>Calendar</i>	<i>Waiting list QI</i>	<i>Patients using a bed</i>
A	-	[1, 12, 6] [2, 7, 6] [2, 8, 6] [2, 9, 7] [2, 6, 8]	10, 11	7, 8, 9, 6
B	B1	[2, 7, 6] [2, 8, 6] [2, 9, 7] [2, 6, 8] [1, 13, 8]	10, 11, 12	7, 8, 9, 6
	B2	[2, 8, 6] [2, 9, 7] [2, 6, 8] [1, 13, 8]	10, 11, 12	8, 9, 6
	B2	[2, 9, 7] [2, 6, 8] [1, 13, 8]	10, 11, 12	9, 6
C	C1	[2, 9, 7] [2, 10, 7] [2, 11, 7] [2, 6, 8] [1, 13, 8]	12	10, 11, 9, 6

<i>Patient number</i>	<i>Arrival day</i>	<i>Length of stay</i>
1	0	4
2	1	3
3	1	4
4	1	3
5	2	1
6	4	4
7	4	2
8	4	1
9	4	2
10	5	1
11	5	1
12	6	1
13	8	3

Elementos en Calendar: [evento, entidad, tiempo]

Resumen

Un modelo de simulación avanza desde un punto discreto del eje de tiempo (*golpe de reloj*) al siguiente.

SED maneja *actividades* en las que están implicadas entidades individuales. Estas *entidades* se encuentran en distintos estados a medida que la simulación se desarrolla (ocupadas, ociosas o en cola).

Generalmente las entidades necesitan de *recursos* para realizar actividades. La disponibilidad de un recurso puede ser una condición para que suceda un evento, el que marca el comienzo de una actividad (*evento condicionado*).

Un *evento fijo* marca el fin de una actividad y es agendado a ejecutarse en una determinada hora. Un *alimentador* (o feeder), es un evento fijo que genera entidades temporarias.