

Sistemas Concurrentes y Distribuidos.

Práctica 1. Sincronización de hebras con semáforos.

Dpt. Lenguajes y Sistemas Informáticos
ETSI Informática y de Telecomunicación
Universidad de Granada

Curso 15-16

Índice

Sistemas Concurrentes y Distribuidos.

Práctica 1. Sincronización de hebras con semáforos.

- 1 Objetivos
- 2 El problema del productor-consumidor
- 3 El problema de los fumadores.

Sección 1

Objetivos

Objetivos.

En esta práctica se realizarán dos implementaciones de dos problemas sencillos de sincronización usando librerías abiertas para programación multihebra y semáforos. Los objetivos son:

- Conocer el *problema del productor-consumidor* y sus aplicaciones.
 - Diseñar una solución al problema basada en semáforos.
 - Implementar esa solución en un programa C/C++ multihebra, usando la funcionalidad de la librería POSIX para:
 - la creación y destrucción de hebras
 - la sincronización de hebras usando semáforos
- Conocer un problema sencillo de sincronización de hebras (el *problema de los fumadores*)
 - Diseñar una solución basada en semáforos, teniendo en cuenta los problemas que pueden aparecer.
 - Implementar la solución a dicho problema en C/C++ usando hebras y semáforos POSIX.

Sección 2

El problema del productor-consumidor

- 2.1. Descripción del problema.
- 2.2. Plantillas de código
- 2.3. Actividades y documentación

Subsección 2.1

Descripción del problema.

Problema y aplicaciones

El problema del productor consumidor surge cuando se quiere diseñar un programa en el cual un proceso o hebra produce ítems de datos en memoria que otro proceso o hebra consume.

- ▶ Un ejemplo sería una aplicación de reproducción de vídeo:
 - ▶ El **productor** se encarga de leer de disco o la red y descodificar cada cuadro de vídeo.
 - ▶ El **consumidor** lee los cuadros descodificados y los envía a la memoria de vídeo para que se muestren en pantalla

hay muchos ejemplos de situaciones parecidas.

- ▶ En general, el productor calcula o produce una secuencia de ítems de datos (uno a uno), y el consumidor lee o consume dichos ítems (también uno a uno).
- ▶ El tiempo que se tarda en producir un ítem de datos puede ser variable y en general distinto al que se tarda en consumirlo (también variable).

Solución de dos hebras con un vector de items

Para diseñar un programa que solucione este problema:

- Suele ser conveniente implementar el productor y el consumidor como dos hebras independientes, ya que esto permite tener ocupadas las CPUs disponibles el máximo de tiempo,
- se puede usar una variable compartida que contiene un ítem de datos,
- las esperas asociadas a la lectura y la escritura pueden empeorar la eficiencia. Esto puede mejorarse usando un vector que pueda contener muchos items de datos producidos y pendientes de leer.

Condición de sincronización

En esta situación, la implementación debe asegurar que :

- cada ítem producido es leído (ningún ítem se pierde)
- ningún ítem se lee más de una vez.

lo cual implica:

- el productor tendrá que esperar antes de poder escribir en el vector cuando haya creado un ítem pero el vector esté completamente ocupado por ítems pendientes de leer
- el consumidor debe esperar cuando vaya a leer un ítem del vector pero dicho vector no contenga ningún ítem pendiente de leer.
- en algunas aplicaciones el orden de lectura debe coincidir con el de escritura, en otras podría ser irrelevante.

Subsección 2.2

Plantillas de código

Simplificaciones

En esta práctica se diseñará e implementará un ejemplo sencillo en C/C++

- cada ítem de datos será un valor entero de tipo int,
- el orden en el que se leen los items es irrelevante (en principio),
- el productor produce los valores enteros en secuencia, empezando en 1,
- el consumidor escribe cada valor leído en pantalla,
- se usará un vector intermedio de valores tipo int, de tamaño fijo pero arbitrario.

Funciones para producir y consumir:

Para producir un ítem de datos, la hebra productora invocará esta función:

```
int producir_dato()  
{  
    static int contador = 1 ;  
    return contador ++ ;  
}
```

mientras que la hebra consumidora llama a esta otra para consumir un dato:

```
void consumir_dato( int dato )  
{  
    cout << "dato recibido: " << dato << endl ;  
}
```

Hebras productora y consumidora

Los subprogramas que ejecutan las hebras productora y consumidora son como se indica a continuación (no se incluye la sincronización ni los accesos al vector):

```
void * productor( void * )
{
    for( unsigned i = 0 ; i < num_items ; i++ )
    {
        int dato = producir_dato() ;
        // falta: insertar "dato" en el vector
    }
    return NULL ;
}

void * consumidor( void * )
{
    for( unsigned i = 0 ; i < num_items ; i++ )
    {
        int dato ;
        // falta: leer "dato" desde el vector intermedio
        consumir_dato( dato ) ;
    }
    return NULL ;
}
```

Es necesario definir la constante **num_items** con algún valor concreto (entre 50 y 100 es adecuado)

Gestión de la ocupación del vector intermedio

El vector intermedio (*buffer*) tiene una capacidad (número de celdas usables) fija prestablecida en una constante del programa que llamamos, por ejemplo, `tam_vec`.

- ▶ La constante `tam_vec` deberá ser estrictamente menor que `num_items` (entre 10 y 20 sería adecuado).
- ▶ En cualquier instante de la ejecución, el número de celdas ocupadas en el vector (por items de datos producidos pero pendientes de leer) es un número entre 0 (el buffer estaría vacío) y `tam_vec` (el buffer estaría lleno).
- ▶ Además del vector, es necesario usar alguna o algunas variables adicionales que reflejen el estado de ocupación de dicho vector.
- ▶ Es necesario estudiar si el acceso a dicha variable o variables **requiere o no requiere sincronización alguna** entre el productor y el consumidor.

Soluciones para la gestión de la ocupación

Hay básicamente dos alternativas posibles para gestionar la ocupación, se detallan aquí:

- **LIFO** (pila acotada), se usa una única variable entera no negativa:
 - `primera_libre` = índice en el vector de la primera celda libre (inicialmente 0). Esta variable se incrementa al escribir, y se decrementa al leer.
- **FIFO** (cola circular), se usan dos variables enteras no negativas:
 - `primera_ocupada` = índice en el vector de la primera celda ocupada (inicialmente 0). Esta variable se incrementa al leer (módulo `tam_vector`).
 - `primera_libre` = índice en el vector de la primera celda libre (inicialmente 0). Esta variable se incrementa al escribir (módulo `tam_vector`).

(asumimos que los índices del vector van desde 0 hasta `tam_vector-1`, ambos incluidos)

Subsección 2.3

Actividades y documentación

Lista de actividades

Debes realizar las siguientes actividades en el orden indicado:

- 1 Diseña una solución que permita conocer qué entradas del vector están ocupadas y qué entradas están libres (usa alguna de las dos opciones dadas).
- 2 Diseña una solución, mediante semáforos, que permita realizar las esperas necesarias para cumplir los requisitos descritos.
- 3 Implementa la solución descrita en un programa C/C++ con hebras y semáforos POSIX, completando las plantillas incluidas en este guión. Ten en cuenta que el programa debe escribir la palabra **fin** cuando hayan terminado las dos hebras.
- 4 Comprueba que tu programa es correcto: verifica que cada número natural producido es consumido exactamente una vez.

Documentación a incluir dentro del portafolios

Se incorporará al portafolios un documento indicando la siguiente información:

- 1 Describe la variable o variables necesarias, y cómo se determina en qué posición se puede escribir y en qué posición se puede leer.
- 2 Describe los semáforos necesarios, la utilidad de los mismos, el valor inicial y en qué puntos del programa se debe usar **sem_wait** y **sem_signal** sobre ellos.
- 3 Incluye el código fuente completo de la solución adoptada.

Sección 3

El problema de los fumadores.

- 3.1. Descripción del problema.
- 3.2. Plantillas de código
- 3.3. Actividades y documentación.

Subsección 3.1

Descripción del problema.

Descripción del problema (1)

En este apartado se intenta resolver un problema algo más complejo usando hebras y semáforos POSIX.

Considerar un estanco en el que hay tres fumadores y un estanquero.

- 1.1. Cada fumador representa una hebra que realiza una actividad (fumar), invocando a una función **fumar()**, en un bucle infinito.
- 1.2. Cada fumador debe esperar antes de fumar a que se den ciertas condiciones (tener suministros para fumar), que dependen de la actividad del proceso que representa al estanquero.
- 1.3. El estanquero produce suministros para que los fumadores puedan fumar, también en un bucle infinito.
- 1.4. Para asegurar concurrencia real, es importante tener en cuenta que la solución diseñada **debe permitir que varios fumadores fumen simultáneamente**.

Descripción del problema (2)

A continuación se describen los requisitos para que los fumadores puedan fumar y el funcionamiento del proceso estanquero:

- 2.1. Antes de fumar es necesario liar un cigarro, para ello el fumador necesita tres ingredientes: tabaco, papel y cerillas.
- 2.2. Uno de los fumadores tiene papel y tabaco, otro tiene papel y cerillas, y otro tabaco y cerillas.
- 2.3. El estanquero selecciona **aleatoriamente un ingrediente** de los tres que se necesitan para hacer un cigarro, lo pone en el mostrador, desbloquea al fumador que necesita dicho ingrediente y después se bloquea, esperando la retirada del ingrediente.
- 2.4. El fumador desbloqueado toma el ingrediente del mostrador, desbloquea al estanquero para que pueda seguir sirviendo ingredientes y **después** fuma durante un tiempo aleatorio.
- 2.5. El estanquero, cuando se desbloquea, vuelve a poner un ingrediente aleatorio en el mostrador, y se repite el ciclo.

Subsección 3.2

Plantillas de código

Simulación de la acción de fumar

Para simular la acción de fumar, **fumar()**, se puede usar la función **unsigned usleep(unsigned milisegundos)** que suspende a la hebra que la invoca tantos milisegundos como indica su único argumento. Para que el retardo sea aleatorio, se puede tomar como referencia el siguiente fragmento código:

```
#include <time.h>    // incluye "time(...)"
#include <unistd.h>   // incluye "usleep(...)"
#include <stdlib.h>   // incluye "rand(...)" y "srand"

// función que simula la acción de fumar
// como un retardo aleatorio de la hebra
void fumar()
{ // calcular un numero aleatorio de milisegundos (entre 1/10 y 2 segundos)
    const unsigned miliseg = 100U + (rand() % 1900U) ;
    usleep( 1000U*miliseg ); // retraso bloqueado durante miliseg milisegundos
}

int main()
{
    srand( time(NULL) ); // inicializa la semilla aleatoria
    // ....
}
```


Subsección 3.3

Actividades y documentación.

Diseño de la solución

Diseña e implementa una solución al problema en C/C++ usando cuatro hebras y los semáforos necesarios. La solución debe cumplir los requisitos incluidos en la descripción, y además debe:

- Evitar interbloqueos entre las distintas hebras.
- Producir mensajes en la salida estándar que permitan hacer un seguimiento de la actividad de las hebras:
 - El estanquero debe indicar cuándo produce un suministro y qué suministro produce. Para establecer el ingrediente concreto (o, lo que es equivalente, directamente el fumador que podría usarlo), se debe usar también la función **rand()**.
 - Cada fumador debe indicar cuándo espera, qué producto espera, y cuándo comienza y finaliza de fumar.

Documentación a incluir dentro del portafolios

Se incorporará al portafolios un documento incluyendo los siguientes puntos:

- 1 Semáforos necesarios para sincronización y para cada uno de ellos:
 - Utilidad.
 - Valor inicial.
 - Hebras que hacen `sem_wait` y `sem_signal` sobre dicho semáforo.
- 2 Código fuente completo de la solución adoptada.