



Práctica 5: Trabajos diferidos

LIN - Curso 2018-2019



Contenido



1 Introducción

2 Ejercicios

3 Práctica



Contenido



1 Introducción

2 Ejercicios

3 Práctica



Práctica 5: Trabajos diferidos



Objetivos

- Familiarizarse con:
 - Temporizadores del kernel
 - Mecanismos para diferir el trabajo en el kernel Linux
 - Uso avanzado de mecanismos de sincronización en el kernel



Contenido



1 Introducción

2 Ejercicios

3 Práctica





Ejercicios (I)

Ejercicio 1

- Analizar el módulo `example_timer.c` que gestiona un temporizador que se activa cada segundo e imprime un mensaje con `printk()`

terminal 1

```
kernel@debian:~/Ejemplos$ sudo insmod example_timer.ko
```

terminal 2

```
kernel@debian:~$ sudo tail -f /var/log/kern.log
```

```
[sudo] password for kernel:
```

```
...
```

```
Jan  4 14:15:22 debian kernel: [233644.504010] Tic
```

```
Jan  4 14:15:23 debian kernel: [233645.524021] Tac
```

```
Jan  4 14:15:24 debian kernel: [233646.544028] Tic
```

```
Jan  4 14:15:25 debian kernel: [233647.564029] Tac
```

```
Jan  4 14:15:26 debian kernel: [233648.584021] Tic
```

```
Jan  4 14:15:27 debian kernel: [233649.604031] Tac
```

```
...
```



Ejercicios (II)



Ejercicio 2

- Estudiar la implementación de los módulos de ejemplo `workqueue1.c`, `workqueue2.c` y `workqueue3.c`, que ilustran el uso de las workqueues



Contenido



1 Introducción

2 Ejercicios

3 Práctica





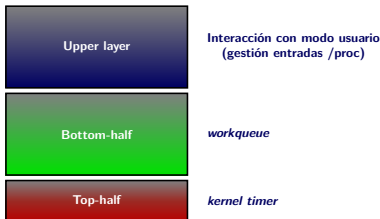
Especificación de la práctica (I)

- Implementar un módulo del kernel (`modtimer`) que **genera una secuencia de números aleatorios**
 - Los números se generan periódicamente y se van insertando en una lista enlazada
- El módulo permitirá que un único programa de usuario **“consume” los números de la lista leyendo de la entrada `/proc/modtimer`**
 - El programa se bloqueará si la lista está vacía al hacer una lectura
 - **No se debe permitir que la entrada sea abierta por varios procesos simultáneamente**
- El proceso de generación de números (gestionado mediante un temporizador) estará activo mientras un programa de usuario esté leyendo de la entrada `/proc`



Especificación de la práctica (II)

- El módulo constará de tres capas/componentes:
 - 1 **“Top Half”**: temporizador del kernel que al activarse genera un número aleatorio y lo inserta en un buffer circular acotado
 - No es un manejador de interrupción pero se ejecuta en contexto de interrupción → **No es posible invocar funciones bloqueantes**
 - 2 **Bottom Half**: Tarea diferida que transfiere los enteros del buffer circular a la lista enlazada (vacía el buffer)
 - 3 **Upper Layer**: Implementación de operaciones asociadas a las entradas /proc exportadas por el módulo



Especificación de la práctica (III)

“Top Half” (temporizador)

- 3 parámetros configurables (var. globales modificables vía `/proc`):
 - 1 `timer_period_ms`
 - 2 `max_random`
 - 3 `emergency_threshold`
- Temporizador se activa cada `timer_period_ms` milisegundos
- Cada vez que se invoque la función del *timer* se generará un número aleatorio n y se insertará en un buffer circular
 - $n \in \{0..max_random - 1\}$
 - Usar función `get_random_int()` que devuelve número aleatorio
 - Declarada en `<linux/random.h>`
 - Usar la implementación buffer circular de bytes del kernel (`struct kfifo`)
 - 1 entero sin signo \rightarrow 4 bytes
 - Capacidad máxima del buffer: 8 enteros (32 bytes)



Especificación de la práctica (III)

“Top Half” (cont.)

- Cuando el buffer de enteros haya alcanzado un cierto grado de ocupación → activar *tarea de vaciado* del buffer (*bottom half*)
 - Parámetro `emergency_threshold` indica el porcentaje de ocupación que provoca la activación de dicha tarea
 - La tarea diferida se debe activar con `queue_work()`, y usando una `workqueue` privada del módulo del kernel (`create_workqueue()`)
 - No se debe planificar la tarea diferida de nuevo hasta que no se haya completado la ejecución de la última tarea planificada y el umbral de emergencia se vuelva a alcanzar



Especificación de la práctica (IV)

Bottom Half

- Tarea (`struct work_struct`) que se encolará en una workqueue privada del módulo del kernel
- La función asociada a la tarea volcará los datos del buffer a la lista enlazada de enteros
 - 1 Se extraerán todos los elementos del buffer circular (vacía buffer)
 - 2 Se ha de reservar memoria dinámica para los nodos de la lista vía `vmalloc()`
 - 3 Si el programa de usuario está bloqueado esperando a que haya elementos en la lista, la función le despertará
- Esta función se ejecuta en **contexto de proceso en modo kernel**
 - Un *kernel thread* se encarga de ejecutarla
 - Es posible invocar funciones bloqueantes siempre y cuando no se haya adquirido un *spin lock*

Especificación de la práctica (V)

Upper Layer

- Código del módulo que implementa las operaciones sobre entradas /proc del módulo

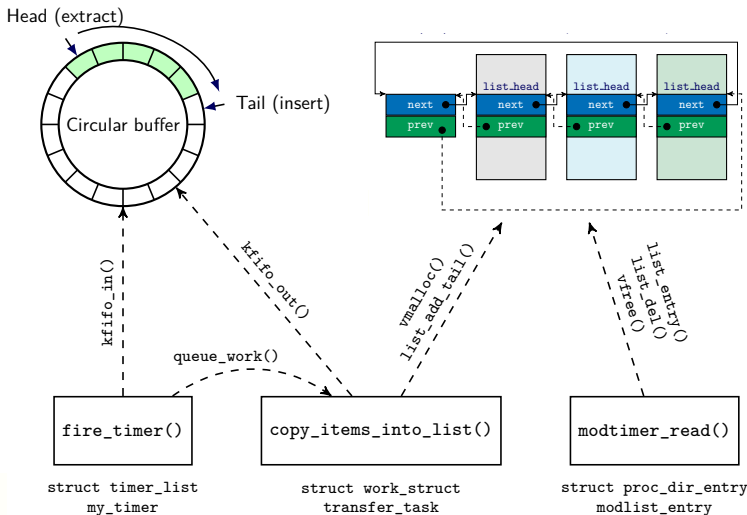
- Dos entradas /proc:

- 1 /proc/modconfig: permite cambiar/consultar valor de parámetros de configuración timer_period_ms, emergency_threshold y max_random

```
kernel@debian:~$ echo timer_period_ms 500 > /proc/modconfig
kernel@debian:~$ cat /proc/modconfig
timer_period_ms=500
emergency_threshold=75
max_random=300
```

- 2 /proc/modtimer: Al leer de esta entrada (cat) se consumen elementos de la lista enlazada de enteros
 - Implementar operaciones open(), release() y read()

Implementación



Necesarios 3 recursos de sincronización

- 1 El buffer debe protegerse mediante un *spin lock*
 - Accedido desde *timer* (cont. interrupción) y otras funciones que se ejecutan en contexto de proceso
 - Necesario deshabilitar interrupciones antes de adquirir el *spin lock*
 - Emplear `spin_lock_irqsave()` y `spin_unlock_irqrestore()`
- 2 La lista enlazada puede protegerse usando *spin lock* o *semáforo*
 - Siempre se accede a la lista desde funciones que se ejecutan en contexto de proceso
 - Por simplicidad/flexibilidad, se recomienda usar un semáforo
- 3 Se hará uso de un *semáforo (cola de espera)* para bloquear al programa de usuario mientras la lista esté vacía
 - Actúa como cola de una “variable condición” que tiene como “mutex” asociado el *spin lock* o *semáforo* de la lista enlazada

Comentarios adicionales

- El módulo no debe poder descargarse mientras programa de usuario esté usando sus funciones
 - Incrementar el contador de referencias (CR) del módulo cuando programa haga `open()` y decrementarlo al hacer `close()`
 - Incrementar CR \Rightarrow `try_module_get(THIS_MODULE);`
 - Decrementar CR \Rightarrow `module_put(THIS_MODULE);`
- Realizar las siguientes acciones cuando el programa de usuario cierre `/proc/modtimer`
 - 1 Desactivar el temporizador con `del_timer_sync()`
 - 2 Esperar a que termine todo el trabajo planificado hasta el momento en la workqueue creada
 - 3 Vaciar el buffer circular
 - 4 Vaciar la lista enlazada (liberar memoria)
 - 5 Decrementar contador de referencias del módulo





Ejemplo de ejecución

```
terminal1
kernel@debian:~$ sudo insmod modtimer.ko
kernel@debian:~$ cat /proc/modconfig
timer_period_ms=500
emergency_threshold=75
max_random=300
kernel@debian:~$ cat /proc/modtimer
61
176
74
298
87
221
100
235
114
249
128
7
141
20
^C
```

ArTec



Ejemplo de ejecución (cont.)

terminal2

```
kernel@debian:~$ sudo tail -f /var/log/kern.log
```

```
....
```

```
Jan  3 18:13:30 kernel kernel: [161532.116030] Generated number: 61
Jan  3 18:13:30 kernel kernel: [161532.652020] Generated number: 176
Jan  3 18:13:31 kernel kernel: [161533.192020] Generated number: 74
Jan  3 18:13:31 kernel kernel: [161533.728018] Generated number: 298
Jan  3 18:13:32 kernel kernel: [161534.268018] Generated number: 87
Jan  3 18:13:32 kernel kernel: [161534.804023] Generated number: 221
Jan  3 18:13:33 kernel kernel: [161535.924681] 6 items moved from the buffer to the
Jan  3 18:13:34 kernel kernel: [161536.424019] Generated number: 114
Jan  3 18:13:34 kernel kernel: [161536.964019] Generated number: 249
Jan  3 18:13:35 kernel kernel: [161537.504026] Generated number: 128
Jan  3 18:13:36 kernel kernel: [161538.044024] Generated number: 7
```

```
...
```





Parte opcional

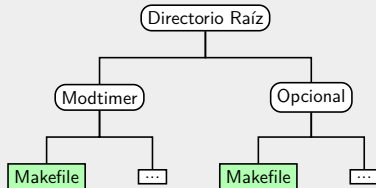
- Implementar una versión alternativa de la práctica en la cual los números pares generados se inserten en una lista enlazada y los impares en otra
 - El módulo permitirá que dos programas de usuario abran la entrada `/proc/modtimer`
 - El primer proceso en abrir la entrada procesará los números pares y el segundo los impares
 - **Pista:** Para poder distinguir entre ambos procesos puede modificarse el campo `private_data` de `struct file` al abrir el fichero
 - La secuencia de números comenzará a generarse cuando ambos procesos hayan abierto la entrada `/proc`
- En la parte opcional, el trabajo diferido (tarea de vaciado del buffer) se encolará en una worqueue privada del módulo



Entrega de la práctica

- A través del Campus Virtual
 - Hasta el 20 de diciembre (Test: 19 de diciembre)
 - No se permitirán entregas tardías
- Es aconsejable mostrar el funcionamiento antes de hacer la entrega

Estructura entrega (en un fichero comprimido .tar.gz o .zip)





LIN - Práctica 5: Trabajos diferidos Versión 1.1

©J.C. Sáez

*This work is licensed under the Creative Commons **Attribution-Share Alike 3.0 Spain License**. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/> or send a letter to Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California, 94105, USA.*

*Esta obra está bajo una licencia **Reconocimiento-Compartir Bajo La Misma Licencia 3.0 España de Creative Commons**. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/> o envíe una carta a Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.*

Este documento (o uno muy similar) está disponible en <https://cv4.ucm.es/moodle/user/index.php?id=105108>

