API del SO + Comunicación entre procesos (IPC)

Sistemas Operativos - 2do Cuat. 2011

gdecaso $\Rightarrow$ ... $\Rightarrow$ D.F.S.

Menú del día

- Repaso: POSIX, Creación de procesos (`fork`, `execlp`, `wait`).
- Conceptos básicos de IPC.
- Comunicación vía *pipes*.
- Comunicación vía *sockets*.
- Taller: MINI-TELNET.

POSIX

POSIX: *Portable Operating System Interface [for UNIX]*

- Una familia de estándares de llamadas al sistema operativo definidos por la IEEE.
- Persiguen generalizar las interfaces de los sistemas operativos para que una misma aplicación pueda ejecutarse en distintas plataformas.

(Algunos) Sistemas que implementan POSIX (+ ó -)

GNU/Linux	MINIX
A/UX	MPE/iX
AIX	QNX
BSD/OS	RTEMS
HP-UX	Solaris
INTEGRITY	UnixWare
IRIX	velOSity
LynxOS	VxWorks
Mac OS X v10.5	Windows NT (y posteriores)

Creación de procesos con POSIX

```
pid_t fork();
```

Con `fork()` un proceso puede crear un proceso hijo.

- El hijo es una copia del espacio de direcciones del proceso original.
- Padre e hijo continúan ejecutando concurrentemente.
- La ejecución en ambos prosigue desde la instrucción siguiente al `fork()`.
- La única diferencia es que la llamada a `fork()` devuelve:

  Al hijo: un 0.

  Al padre: el *pid* del proceso hijo.
- Copiar todo el espacio de memoria del proceso padre es ineficiente: *Copy on write*.

Creación de procesos con POSIX

¿Qué pasa si no queremos que el hijo sea una copia del padre, sino otro proceso distinto?

Creación de procesos con POSIX

¿Qué pasa si no queremos que el hijo sea una copia del padre, sino otro proceso distinto?

`The exec() family of functions replaces the current process image with a new process image.`

Familia de funciones `exec()`

```
int execl(const char *path, const char *arg, ...);
int execlp(const char *file, const char *arg, ...);
int execle(const char *path, const char *arg,..., char * const envp[]);
int execv(const char *path, char *const argv[]);
int execvp(const char *file, char *const argv[]);
```

Con `execlp(...)` se reemplaza la ejecución del proceso llamador por otro ejecutable que es llamado con argumentos `arg1`, `arg2`, ...

El último argumento debe ser `NULL` para avisar el final de la lista.

Creación de procesos con POSIX

A veces el padre termina antes que el hijo, retornando al *shell* mientras su hijo sigue escribiendo. ¡Muy feo!

Para eso tenemos:

```
pid_t wait(int *status);
```

El proceso llamador espera hasta que algún hijo suyo cambia de estado. Esto sucede, entre otras cosas, cuando el proceso hijo finaliza. El valor de retorno es el *pid* del hijo que cambió de estado y en `status` se almacena el estado al cual transicionó.

Comunicación entre procesos

Un proceso en un sistema operativo se dice que es:

Independiente si no se relaciona con otros procesos.

Cooperativo si comparte datos con otros procesos.

Podemos estar interesados en compartir datos si queremos:

- que varios procesos puedan acceder a un mismo archivo o recurso.
- aprovechar varias CPUs para paralelizar cálculos.
- modularizar un proceso y separar sus funcionalidades.

IPC vía memoria compartida

Una opción para dos procesos que se comunican es compartir una región de memoria.

- Un proceso crea una región de memoria compartida en su *heap* asignándole ciertos permisos.
- Otros procesos se asocian a dicha región.
- Todos pueden usar dicha región según los permisos establecidos.

POSIX shared memory

```
int shm_open(const char *name, int oflag, mode_t mode);
int shm_unlink(const char *name);
void *shmat(int shmid, const void *shmaddr, int shmflg);
int shmdt(const void *shmaddr);
```

No lo detallaremos en esta clase.

IPC vía paso de mensajes

Otra opción para que dos procesos se comuniquen es el paso de mensajes entre ellos.

- Un proceso P envía un mensaje a otro proceso Q (**send**).
- El proceso Q recibe dicho mensaje (**receive**).

La comunicación puede ser:

Directa / Indirecta

Bloqueante / No bloqueante

Memoria compartida vs. paso de mensajes

- Pasar mensajes es útil para pequeños datos, pero es lento porque requiere una llamada al sistema para cada mensaje.
- Memoria compartida es más veloz ya que requiere llamadas al sistema sólo para la inicialización.

Memoria compartida vs. paso de mensajes

- Pasar mensajes es útil para pequeños datos, pero es lento porque requiere una llamada al sistema para cada mensaje.
- Memoria compartida es más veloz ya que requiere llamadas al sistema sólo para la inicialización.

- El paso de mensajes se puede utilizar para comunicar procesos que residen en distintas computadoras.
- La memoria compartida requiere que los procesos estén en la misma computadora.

Comunicación vía *pipes*

Recordemos, *pipes*, escritos como "|".

Por ejemplo, qué sucede si escribimos en *bash*:

```
echo "la vaca es un poco flaca" | wc -c
```

Comunicación vía *pipes*

Recordemos, *pipes*, escritos como "|".

Por ejemplo, qué sucede si escribimos en *bash*:

```
echo "la vaca es un poco flaca" | wc -c
```

1. Se llama a `echo`, un proceso que escribe su parámetro por *stdout*.
2. Se llama a `wc -c`, un programa que cuenta cuántos caracteres entran por *stdin*.
3. Se conecta el *stdout* de `echo` con el *stdin* de `wc -c`.

¿Cuál es el resultado?

Comunicación vía *pipes*

Recordemos, *pipes*, escritos como "|".

Por ejemplo, qué sucede si escribimos en *bash*:

```
echo "la vaca es un poco flaca" | wc -c
```

1. Se llama a `echo`, un proceso que escribe su parámetro por *stdout*.
2. Se llama a `wc -c`, un programa que cuenta cuántos caracteres entran por *stdin*.
3. Se conecta el *stdout* de `echo` con el *stdin* de `wc -c`.

¿Cuál es el resultado? **25**.

Demo `pipe`

Comunicación vía *pipes*

Para crear un pipe usamos:

```
int pipe(int pipefd[2]);
```

Luego de ejecutar `pipe`, tenemos:

- En `pipefd[0]` un *file descriptor* que apunta al extremo del *pipe* en el cual se **lee**.
- En `pipefd[1]` otro *file descriptor* que apunta al extremo del *pipe* en el cual se **escribe**.

Se retorna `0` si el llamado fue exitoso, `-1` en caso contrario.

file descriptors

`http://en.wikipedia.org/wiki/File_descriptor`

In computer programming, a file descriptor is an abstract indicator for accessing a file. The term is generally used in POSIX operating systems. In Microsoft Windows terminology and in the context of the C standard I/O library, "file handleïs preferred, though the latter case is technically a different object (see below).

In POSIX, a file descriptor is an integer, specifically of the C type int. There are 3 standard POSIX file descriptors which presumably every process (save perhaps a daemon) should expect to have: 0 – Standard Input (stdin); 1 – Standard Output (stdout); 2 – Standard Error (stderr).

Generally, a file descriptor is an index for an entry in a kernel-resident data structure containing the details of all open files. In POSIX this data structure is called a file descriptor table, and each process has its own file descriptor table. The user application passes the abstract key to the kernel through a system call, and the kernel will access the file on behalf of the application, based on the key. The application itself cannot read or write the file descriptor table directly.

In Unix-like systems, file descriptors can refer to files, directories, block or character devices (also called *special files*), sockets, FIFOs (also called named pipes), or unnamed pipes.

Comunicación vía *pipes*

Para leer de un *file descriptor* usamos:

```
ssize_t read(int fd, void *buf, size_t count);
```

- `fd` *file descriptor*.
- `buf` puntero al *buffer* donde almacenar lo leído.
- `count` cantidad máxima de bytes a leer.

Se retorna la cantidad de bytes leídos, `-1` en caso de error.

Comunicación vía *pipes*

Para leer de un *file descriptor* usamos:

```
ssize_t read(int fd, void *buf, size_t count);
```

- `fd` *file descriptor*.
- `buf` puntero al *buffer* donde almacenar lo leído.
- `count` cantidad máxima de bytes a leer.

Se retorna la cantidad de bytes leídos, `-1` en caso de error.

`read` es bloqueante, aunque pueden configurarse ciertos *flags* para que no lo sea.

Standard streams como fd

Cada standard stream tiene asociado un file descriptor.

stdin: tiene asociado el `fd==0`

stdout: tiene asociado el `fd==1`

stderr: tiene asociado el `fd==2`

Comunicación vía *sockets*

Los *pipes* requieren que los procesos que se comunican tengan un ancestro en común que configure ambos extremos de la conexión.
¿Qué pasa si los procesos no se conocen entre si?

Comunicación vía *sockets*

Los *pipes* requieren que los procesos que se comunican tengan un ancestro en común que configure ambos extremos de la conexión.
¿Qué pasa si los procesos no se conocen entre si?

Socket

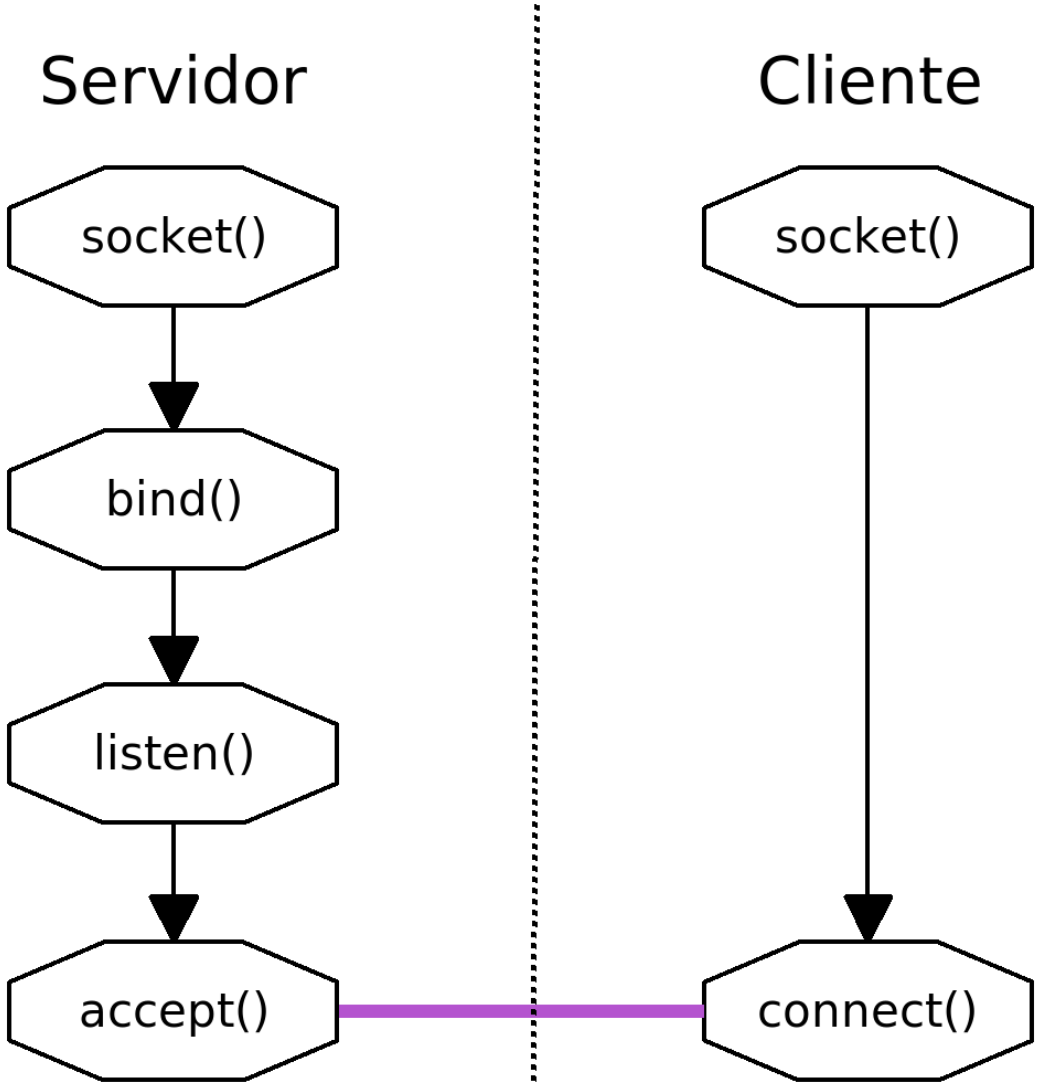
- Un *socket* es el extremo de una conexión y tiene asociado un nombre.
- Dos procesos que se quieren comunicar entre si se ponen de acuerdo en dicho nombre.

Comunicación vía *sockets*

- Los *sockets* pueden trabajar en distintos dominios.
- En el dominio UNIX las direcciones son un nombre de archivo.
- Dos procesos que se ponen de acuerdo en tal nombre de archivo se pueden comunicar.

Demo `socket`

Estableciendo la comunicación con *sockets*



Estableciendo *sockets*: servidor

1. `int socket(int domain, int type, int protocol);`
   Crear un nuevo *socket*.

2. `int bind(int fd, sockaddr* a, socklen_t len);`
   Conectar un *socket* a una cierta dirección.

3. `int listen(int fd, int backlog);`
   Esperar conexiones entrantes en un *socket*.

4. `int accept(int fd, sockaddr* a, socklen_t* len);`
   Aceptar la próxima conexión en espera en un *socket*.

Estableciendo *sockets*: cliente

1. `int socket(int domain, int type, int protocol);`
   Crear un nuevo *socket*.

2. `int connect(int fd, sockaddr* a, socklen_t* len);`
   Conectarse a un *socket* remoto que debe estar escuchando.

Comunicación vía *sockets*: mensajes

Una vez que un cliente solicita conexión y esta es aceptada por el servidor puede comenzar el intercambio de mensajes con:

```
ssize_t send(int s, void *buf, size_t len, int flags);
```

```
ssize_t recv(int s, void *buf, size_t len, int flags);
```

Comunicación vía *sockets*: ¿bloqueante?

`accept()`, `send()`, `recv()` se bloquean hasta que la otra parte cumple con su parte.

Comunicación vía *sockets*: ¿bloqueante?

`accept()`, `send()`, `recv()` se bloquean hasta que la otra parte cumple con su parte.

¿Cómo hacemos si tenemos un servidor que se comunica con dos clientes a la vez?

Demo

Ahora el servidor muestra por pantalla lo que **dos** clientes le indican.

Comunicación vía *sockets*: ¿bloqueante?

Si usamos llamadas bloqueantes podemos esperar indefinidamente por el primer cliente mientras el segundo tiene mucho que enviarnos y nunca se lo pedimos.

Comunicación vía *sockets*: ¿bloqueante?

Si usamos llamadas bloqueantes podemos esperar indefinidamente por el primer cliente mientras el segundo tiene mucho que enviarnos y nunca se lo pedimos.

Soluciones:

1. Llamadas no bloqueantes y espera activa.
2. Usar la llamada al sistema `select()`.
3. Utilizar un proceso para atender cada cliente.
   (Esta última no la veremos en esta clase.)

Solución 1: llamadas no bloqueantes

Demo: espera activa y llamadas no bloqueantes.

Solución 1: llamadas no bloqueantes

Demo: espera activa y llamadas no bloqueantes.

- Se usa la llamada `fcntl()` para indicar que los sockets del servidor sean no bloqueantes.
- Al intentar recibir mensajes, si se devuelve `-1` tenemos que ver si es por un error verdadero o porque no había nada en espera de ser recibido. Usamos la variable `errno` para discernir esto.

Solución 1: llamadas no bloqueantes

Demo: espera activa y llamadas no bloqueantes.

- Se usa la llamada `fcntl()` para indicar que los sockets del servidor sean no bloqueantes.
- Al intentar recibir mensajes, si se devuelve `-1` tenemos que ver si es por un error verdadero o porque no había nada en espera de ser recibido. Usamos la variable `errno` para discernir esto.

Este enfoque tiene un problema, al realizar una "espera activa", ocupamos el procesador innecesariamente.

¡Necesitamos algo mejor!

The ultimate client-server implementation (sin *threads*)

Demo: llamadas bloqueantes y `select()`

The ultimate client-server implementation (sin *threads*)

Demo: llamadas bloqueantes y `select()`

- La llamada al sistema `select()` toma como parámetro un conjunto de *file descriptors* sobre los cuales se quiere esperar y un *timeout*.
- Se puede separar los *fds* según si se espera por lectura, escritura, etc.
- Vencido el plazo retorna el control y avisa que no hubo eventos.
- Si hay algún evento, nos retorna el *fd* correspondiente.

The ultimate client-server implementation (sin *threads*)

Demo: llamadas bloqueantes y `select()`

- La llamada al sistema `select()` toma como parámetro un conjunto de *file descriptors* sobre los cuales se quiere esperar y un *timeout*.
- Se puede separar los *fds* según si se espera por lectura, escritura, etc.
- Vencido el plazo retorna el control y avisa que no hubo eventos.
- Si hay algún evento, nos retorna el *fd* correspondiente.

De esta forma evitamos la espera activa y logramos el mismo efecto que las llamadas no bloqueantes.

Pero...

```
Under  Linux, select() may report a socket file descriptor as "ready for
reading", while nevertheless a subsequent read blocks.  This could for
example happen when data has arrived but upon examination has wrong
checksum and is discarded.  There may be other circumstances in which a
file descriptor is spuriously reported as ready.  Thus it may be safer to
use O_NONBLOCK on sockets that should not block.
```

Sockets de internet

¿Qué pasa si queremos comunicar dos procesos en computadoras distintas? Quizás incluso se trata de computadoras de sistemas operativos totalmente diferentes.

[1] Más sobre protocolos de red y sockets en Teoría de las Comunicaciones

Sockets de internet

¿Qué pasa si queremos comunicar dos procesos en computadoras distintas? Quizás incluso se trata de computadoras de sistemas operativos totalmente diferentes.

Socket de internet

- En vez de usar nombres de archivo para establecer la comunicación, se usa la dirección IP y un número de puerto.
- Determinados servicios usan puertos estándar: 80 para HTTP, 22 para SSH, etc.

[1] Más sobre protocolos de red y sockets en Teoría de las Comunicaciones

Sockets de internet

¿Qué pasa si queremos comunicar dos procesos en computadoras distintas? Quizás incluso se trata de computadoras de sistemas operativos totalmente diferentes.

Socket de internet

- En vez de usar nombres de archivo para establecer la comunicación, se usa la dirección IP y un número de puerto.
- Determinados servicios usan puertos estándar: 80 para HTTP, 22 para SSH, etc.

Tipos de comunicación[1]:

TCP: Garantiza la llegada de los datos, el orden relativo y la integridad de los mismos, etc.

UDP: Se envían paquetes independientes uno de otro. No hay garantías de ningún tipo respecto de su arribo, ni la corrección de los datos que llevan.

[1] Más sobre protocolos de red y sockets en Teoría de las Comunicaciones

¡Manos a la obra!

Vamos a hacer un cliente de MINI-TELNET[2].

Parte 1.

- El servidor está dado por nosotros.
  - Recibe mensajes UDP. Puerto 5555. Longitud máxima 1024.
  - Ejecuta el comando recibido.
  - El output de dicho comando **no se envía de vuelta al cliente**.
- El cliente lo deben programar ustedes.
  - Debe recibir como parámetro la IP del servidor.
  - Envía mensajes hasta que alguno es "chau" y termina.

[2]Esto es un invento de la cátedra. No existe en el "mundo real" tal cosa como el protocolo MINI-TELNET

¡Manos a la obra!

Vamos a hacer un cliente de MINI-TELNET[3].

Parte 2.

- El servidor lo tienen que programar (o modificar) ustedes.
  - Recibe mensajes TCP. Puerto 5555. Longitud máxima 1024.
  - Ejecuta el comando recibido.
  - El output de dicho comando **se envía de vuelta al cliente**. Tanto `stdout` como `stderr`.
- El cliente lo deben programar (o modifciar) ustedes.
  - Debe recibir como parámetro la IP del servidor.
  - Debe mostrar el output de cada comando ejecutado en el servidor.
  - Envía mensajes hasta que alguno es "chau" y termina.

Ayuda: breve apunte con pistas para la implementación.

[3] Esto es un invento de la cátedra. No existe en el "mundo real" tal cosa como el protocolo MINI-TELNET

Deben enviar el código debidamente comentado, entrando a `http://so.exp.dc.uba.ar/talleres/ipc/`.

La fecha límite de entrega es el Lunes 12/09/2011 a las 23:59 GMT-0300