Sistemas Operativos 1/2019
Laboratorio 1

Profesores:
Cristóbal Acosta (cristobal.acosta@usach.cl)
Fernando Rannou (fernando.rannou@usach.cl)
Ayudantes:
Isaac Espinoza (isaac.espinoza@usach.cl)
Marcela Rivera (marcela.rivera.c@usach.cl)

I. Objetivos Generales

Este laboratorio tiene como objetivo aplicar los conceptos de creación de procesos, comunicación entre estos a través de pipes y envıo de señales con el uso de funciones de tipo exec. La aplicación debe ser escrita en el lenguaje de programación C sobre sistema operativo Linux.

II. Objetivos Específicos

1. Conocer y usar las funcionalidades de `getopt()` como método de recepción de parámetros de entradas.
2. Construir funciones de lectura y escritura de archivos .csv usando `fopen()`, `fread()`, y `fwrite()`.
3. Construir una función que permita la búsqueda de puntos en un radio.
4. Practicar técnicas de documentación de programas.
5. Conocer y practicar uso de makefile para compilación de programas.
6. Crear procesos a través del uso de `fork()`.
7. Ejecutar programas usando alguna de los llamados de la familia `exec()`
8. Comunicar procesos mediante `pipes`.

III. Conceptos

III.A. Función fork

Esta función crea un proceso nuevo o "proceso hijo" que es exactamente igual que el "proceso padre". Si fork() se ejecuta con éxito devuelve:

Al padre: el PID del proceso hijo creado. Al hijo: el valor 0.

Es decir, la única diferencia entre estos procesos (padre e hijos) es el valor de la variable de identificación PID.

A continuación un ejemplo del uso de fork():

```c
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
#include <stdio.h>

int main(int argc, char *argv[])
{
    pid_t pid1, pid2;
    int status1, status2;

    if ( (pid1=fork()) == 0 )
    { /* hijo */
        printf("Soy el primer hijo (%d, hijo de %d)\n",  getpid(), getppid());
    }
    else
    { /*  padre */
        if ( (pid2=fork()) == 0 )
        { /* segundo hijo  */
            printf("Soy el segundo hijo (%d, hijo de %d)\n",  getpid(), getppid(
        }
        else
        { /* padre */
/* Esperamos al primer hijo */
            waitpid(pid1, &status1, 0);
/* Esperamos al segundo hijo */
            waitpid(pid2, &status2, 0);
            printf("Soy el padre (%d, hijo de %d)\n", getpid(), getppid());
        }
    }

    return 0;
}
```

Figure 1. Creando procesos con fork().

III.B. Funciones exec

La familia de funciones *exec()* reemplaza la imagen de proceso actual con una nueva imagen de proceso. A continuación se detallan los parámetros y el uso de dichas funciones:

- **int** execl(**const char** *path, **const char** *arg, ...);
  - Se le debe entregar el nombre y ruta del fichero ejecutable
  - Ejemplo:
    execl(*"/bin/ls"*, *"/bin/ls"*, *"-l"*, (**const char** *)**NULL**);
- **int** execlp(**const char** *file, **const char** *arg, ..., (**const char** *)**NULL**);
  - Se le debe entregar el nombre del fichero ejecutable (implementa búsqueda del programa).
  - Ejemplo:
    execlp(*"ls"*, *"ls"*, *"-l"*, (**const char** *)**NULL**);
- **int** execle(**const char** *path, **const char** *arg,..., char * const envp[]);
  - Se le debe entregar el nombre y ruta del fichero ejecutable, recibe además un arreglo de strings con las variables de entorno
  - Ejemplo:
    char *env[] = {*"PATH=/bin"*, (**const char** *)**NULL**};
    execle(*"ls"*, *"ls"*, *"-l"*,(**const char** *)**NULL**, char *env[]);
- **int** execv(**const char** *path, **char *const** argv[]);
  - Se le debe entregar el nombre y ruta del fichero ejecutable, recibe además un arreglo de strings con los argumentos del programa
  - Ejemplo:
    char *argv[] = {*"/bin/ls"*,*"-l"*, (**const char***)**NULL**};
    execv(*"ls"*,argv);

- **int** execvp(**const char** *file, **char *const** argv[]);
  - Se le debe entregar el nombre del fichero ejecutable (implementa búsqueda del programa), recibe además un arreglo de strings con los argumentos del programa
  - Ejemplo:
    char *argv[] = {*"ls"*,*"-l"*, (**const char***)**NULL**};
    execvp(*"ls"*,argv);
- **int** execvpe(**const char** *file, **char *const** argv[], **char *const** envp[]);
  - Se le debe entregar el nombre del fichero ejecutable (implementa búsqueda del programa), recibe además un arreglo de strings con los argumentos del programa y un arreglo de strings con las variables de entorno
  - Ejemplo:
    char *env[] = {*"PATH=/bin"*, (**const char** *)**NULL**};
    char *argv[] = {*"ls"*,*"-l"*, (**const char***)**NULL**};
    execvpe(*"ls"*,argv,env);

Tomar en consideración que por convención se utiliza como primer argumento el nombre del archivo ejecutable y además **todos** los arreglos de *string* deben tener un puntero *NULL* al final, esto le indica al computador que debe dejar de buscar elementos.

Otra cosa importante es que la definición de estas funciones vienen incluidas en la biblioteca **unistd.h**, que algunos compiladores la incluyen por defecto, pero en ciertos sistemas operativos deben ser incluidas explícitamente al comienzo del archivo con la sentencia **#include <unistd.h>**.

III.C. Funciones pipe

En sistemas operativos basados en UNIX, las funciones pipe son útiles para comunicar procesos relacionados (padre-hijo). Cabe destacar que la comunicación establecida es de una sola vía, es decir, un proceso escribe mientras que el receptor solo puede leer lo recibido. Si un proceso intenta leer antes de que algo sea escrito en el pipe, este se suspenderá hasta que se escriba en el pipe.

Para ver ejemplos de pipes en C, visitar el moodle del curso.

IV. Enunciado

IV.A. Hoyos negros, discos proto planetarios y ALMA

Esta semana los científicos han logrado reconstruir la primera imagen del horizonte de eventos de un hoyo negro. Esta frontera marca el lugar desde donde el cual ya nada puede salir del hoyo negro, ni materia ni luz. Es por eso que la imagen muestra la luz, radiación fuera de la frontera y dentro de la frontera sólo se ve oscuridad. La figura 2 muestra la primera imagen de un hoyo negro:

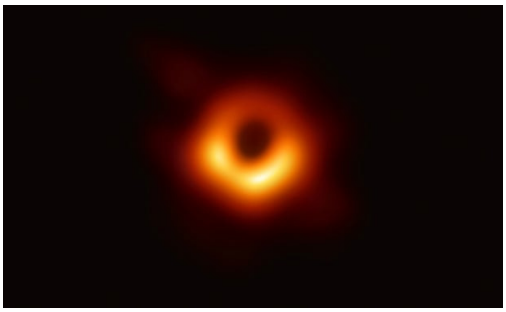
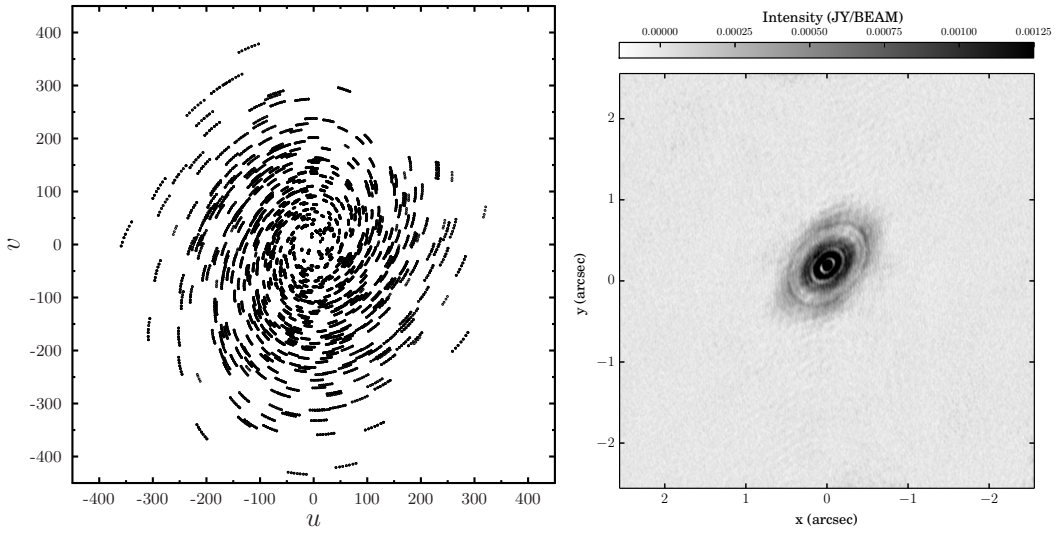


Figure 2. Primera imagen de un hoyo negro.

Esta imagen es el resultado de un proceso computacional llamado síntesis o reconstrucción de imágenes interferométricas. Es decir, las antenas no capturan la imagen que nosotros vemos, sino detectan señales de radio, las cuales son transformadas por un programa computacional en la imagen visual.

En estricto rigor los datos recolectados por las antenas corresponden a muestras del espacio Fourier de la imagen. Estas muestras están repartidas en forma no uniforme e irregular en el plano Fourier. La figura 3 muestra un típico patrón de muestreo del plano Fourier. La imagen de la derecha muestra la imagen reconstruida a partir de los datos. Esta imagen corresponde a un disco protoplanetario llamado HLTau.

Figure 3. Plano (u, v) y imagen sintetizada de HLTau.



En cada punto (u, v) se mide una señal llamada Visibilidad. Cada visibilidad es un número complejo, es decir posee una parte real y otra imaginaria. La imagen por otro lado es solo real.

Usaremos la siguiente notación para describir los datos:

- $V(u, v)$ es la visibilidad en la coordenada (u, v) del plano Fourier
- $V(u, v).r$ es la parte real de la visibilidad
- $V(u, v).i$ es la parte imaginaria de la visibilidad
- $V(u, v).w$ es el ruido en la coordenada (u, v)

La siguiente lista es un ejemplo de una pequeña muestra de visibilidades

```
46.75563,-160.447845,-0.014992,0.005196,0.005011
119.08387,-30.927526,0.016286,-0.001052,0.005888
-132.906616,58.374054,-0.009442,-0.001208,0.003696
-180.271179,-43.749226,-0.011654,0.001075,0.003039
-30.299767,-126.668739,0.015222,-0.004145,0.007097
-18.289482,28.76403,0.025931,0.001565,0.004362
```

La primera columna es la posición en el eje u; la segunda es la posición en el eje v. la tercera columna es el valor real de la visibilidad, la cuarta, el valor imaginario y finalmente, la quinta es el ruido. Estos datos corresponden a datos reales de un disco proto planetario captadas por el observatorio ALMA.

El número de visibilidades depende de cada captura de datos y del telescopio usado, pero puede variar entre varios cientos de miles de puntos hasta cientos de millones. Por lo tanto, el procesamiento de las visibilidades es una tarea computacionalmente costosa y generalmente se usa paralelismo para acelerar los procesos. En este lab, simularemos este proceso usando varios procesos que cooperan para hacer cálculo a las visibilidades. Por ahora, no haremos síntesis de imágenes.

IV.B. Cálculo de propiedades

En ciertas aplicaciones, antes de sintetizar la imagen, es necesario y útil extraer características del plano Fourier. Uno de estos preprocesamiento, agrupa las visibilidades en anillos concéntricos con centro en el

$(0,0)$ y radios crecientes. Por ejemplo, suponga que definimos un radio r, el cual divide las visibilidades en dos anillos, aquellas visibilidades cuya distancia al centro es menor o igual a R, y aquellas cuya distancia al centro es mayor a R. La distancia de una visibilidad al centro es simplemente:

$$d(u,v) = (u^2 + v^2)^{1/2}$$

Si definieramos dos radios R_1 y R_2 ($R_1 < R_2$), las visibilidades se dividirían en tres discos: $0 \leq d(u,v) < R_1$, $R_1 \leq d(u,v) < R2$, y $R_2 \leq d(u,v)$.

Para este lab, las propiedades que se calcularán por disco son

1. Media real : $\frac{1}{N}\sum V(u,v).r$, donde N es el número de visibilidades en el disco
2. Media imaginaria : $\frac{1}{N}\sum V(u,v).i$, donde N es el número de visibilidades en el disco
3. Potencia: $\sum (V(u,v).r)^2 + (V(u,v).i)^2)^{1/2}$
4. Ruido total: $\sum V(u,v).w$

V. El programa del lab

V.A. Lógica de solución

En esta laboratorio crearemos un conjunto de procesos que calculen las propiedades antes descritas. Usted debe organizar su solución de la siguiente manera.

1. El proceso principal recibirá argumentos por línea de comando el número de radios en los que se debe dividir el plano de Fourier. Además recibirá el ancho Δ_r de cada intervalo, tal que $R_1 = \Delta_r$, $R_2 = 2\Delta_r$, etc. Este proceso también recibe como argumento el nombre del archivo de entrada, y el nombre del archivo de salida.
2. El proceso padre creará tantos pipes e hijos necesarios para establecer comunicación bidireccional con los procesos hijos.
3. El padre leerá línea a línea el archivo de entrada con formato .csv y determinará el disco al que pertenece la visibilidad, y enviará los datos correspondiente al proceso hijo que se encarga de procesar dicho disco.
4. Cada proceso hijo leerá del pipe las visibilidades que le envía el padre y las usará para calcular las propiedades.
5. Cuando el padre termine de leer y enviar todas las visibilidades, enviará un mensaje de FIN a los hijos, para que estos salgan de su ciclo de lectura y procesamiento.
6. Una vez que llega el aviso de FIN, cada proceso hijo enviará al proceso padre los resultados de sus cálculos, y terminará su ejecución.
7. El padre lee los resultados de cada pipe e imprime en el archivo de salida los resultados por disco.
8. El proceso padre cierra todos los archivos y termina su ejecución.

Para implementar esta lógica, debe crear dos programas. El primero será `lab1.c` el cual será el proceso padre y por lo tanto se encargará de las funciones que le corresponde (previamente descritas), como por ejemplo crear los procesos hijos mediante la función **fork()**.

Por otro lado, el segundo programa será `vis.c` el cual procesa las visibilidades. Este proceso debe ser ejecutado por los procesos hijos, mediante el llamado al sistema `execve()`. Es importante recalcar que ambos programas deben ser compilados independientemente, es decir `vis.c` no contiene funciones invocadas desde `lab1.c`. En estricto rigor, sería posible ejecutar ambos programas en forma independiente.

El archivo que debe escribir el proceso padre con las propiedades calculadas por sus hijos, debe tener el siguiente formato:

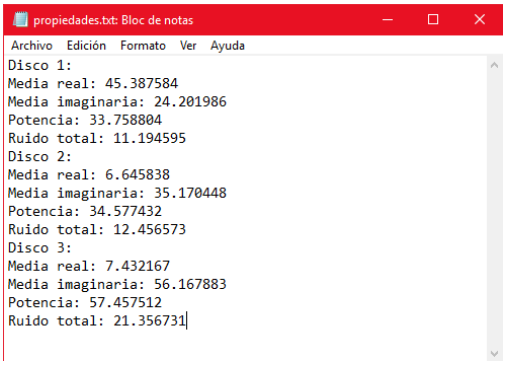


Figure 4. Ejemplo archivo de salida.

En donde el nombre del archivo es el nombre entregado como argumento (en este caso: propiedades.txt), además se incluyen todas las propiedades que cada hijo debe calcular en su disco asignado según el ancho y el número de discos también ingresados como argumentos (en este caso: 3 discos). El formato debe indicar cada disco de forma ordenada y luego mostrar sus propiedades indicando el nombre de estas y su resultado.

El programa se ejecutará usando los siguientes argumentos (ejemplo):

```
$ ./lab1 -i visibilidades.csv -o propiedades.txt -d ancho -n ndiscos -b
```

- **-i**: nombre de archivo con visibilidades, el cual tiene como formato uv_values_i.csv con i = 0,1,2,....
- **-o**: nombre de archivo de salida
- **-n**: cantidad de discos
- **-d**: ancho de cada disco.
- **-b**: bandera o flag que permite indicar si se quiere ver por consola la cantidad de visibilidades encontradas por cada proceso hijo. Es decir, si se indica el flag, entonces se muestra la salida por consola.

Ejemplo de compilación y ejecución:

```
>> gcc lab1.c -o lab1
>> gcc vis.c -o vis
>> ./lab1 -i uvplaneco65.csv -o propiedades.txt -d 100 -n 4 -b
```

En el primer caso, se ejecuta el programa entregando como nombre de archivo de entrada `uvplaneco65.csv`, además el proceso principal deberá crear 4 hijos y cada hijo recibirá los datos que le envíe el proceso padre. Las visibilidades se repartirán entre los siguientes rangos: $[0, 100)$, $[100, 200)$, $[200, 300)$, $[300,)$. Finalmente, debido a que el primer caso considera el flag -b, cada hijo debe identificarse y mostrar la cantidad de visibilidades que procesó. Ejemplo:

```
Soy el hijo de pid 7502, procesé 10000 visibilidades
Soy el hijo de pid 7503, procesé 14000 visibilidades
...
```

El segundo caso, funciona igual al anterior, siendo la única diferencia que los procesos hijos no deben mostrar ningún tipo de salida por consola.

Como requerimientos no funcionales, se exige lo siguiente:

- Debe funcionar en sistemas operativos con kernel Linux.
- Debe ser implementado en lenguaje de programación C.

- Se debe utilizar un archivo Makefile para su compilación.
- Realizar el programa utilizando buenas prácticas, dado que este laboratorio no contiene manual de usuario ni informe, es necesario que todo esté debidamente comentado.
- Que el programa principal esté desacoplado, es decir, que se desarrollen las funciones correspondientes en otro archivo .c para mayor entendimiento de la ejecución.

VI. Entregables

El laboratorio es en parejas y se descontará 1 punto por día de atraso. Debe subir en un archivo comprimido a usachvirtual los siguientes entregables:

- `Makefile`: Archivo para make que compila el programa.
- `lab1.c`: archivo con el código del proceso padre. Puede incluír otros archivos fuente. Recuerde que todas las funciones deben estar comentadas, explicadas de forma entendible especificando sus entradas, funcionamiento y salida. Si una función no está explicada se bajará puntaje.
- `Vis.c`: archivo con el código del proceso hijo. Puede incluír otros archivos fuente. Recuerde que todas las funciones deben estar comentadas, explicadas de forma entendible especificando sus entradas, funcionamiento y salida. Si una función no está explicada se bajará puntaje.
- Trabajos con códigos que hayan sido copiados de un trabajo de otro grupo serán calificados con la nota mínima.

El archivo comprimido debe llamarse: RUTESTUDIANTE1_RUTESTUDIANTE2.zip
Ejemplo: 19689333k_186593220.zip
NOTA: los laboratorios son en parejas, las cuales deben ser de la misma sección. De lo contrario no se revisarán laboratorios.

VII. Fecha de entrega

Jueves 9 de Mayo.