UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

Práctica nro. 1

Docentes: Fernando Tinetti, Gastón Marón, Alan Castelli, Julián Delekta.

Materia: Programación Distribuida y Tiempo Real.

Estudiantes: Juliana Delle Ville, Marianela Diaz Catán.

Índice

1. Identifique similitudes y diferencias entre los sockets en C y en Java.....2
2. Tanto en C como en Java (directorios csock-javasock):..... 3
a. ¿Por qué puede decirse que los ejemplos no son representativos del modelo c/s?..... 3
b. Muestre que no necesariamente siempre se leen/escriben todos los datos involucrados en las comunicaciones con una llamada read/write con sockets.....4
C.....4
JAVA.....6
c. Agregue a la modificación anterior una verificación de llegada correcta de los datos que se envían (cantidad y contenido del buffer), de forma tal que se asegure que todos los datos enviados lleguen correctamente, independientemente de la cantidad de datos involucrados..... 8
C.....8
JAVA.....9
d. Grafique el promedio y la desviación estándar de los tiempos de comunicaciones de cada comunicación. Explique el experimento realizado para calcular el tiempo de comunicaciones.....10
Diseño en C.....10
Diseño en JAVA.....10
Fórmulas empleadas.....10
3. ¿Por qué en C se puede usar la misma variable tanto para leer de teclado como para enviar por un socket? ¿Esto sería relevante para las aplicaciones c/s?.....12
4. ¿Podría implementar un servidor de archivos remotos utilizando sockets? Describa brevemente la interfaz y los detalles que considere más importantes del diseño. No es necesario implementar..... 13
5. Defina qué es un servidor con estado (stateful server) y qué es un servidor sin estado (stateless server)..... 16
Tablas de tiempo de Comunicación..... 16
Tiempo comunicación C (punto 2d)..... 16
Tiempo comunicación JAVA (punto 2d).....16

1. Identifique similitudes y diferencias entre los sockets en C y en Java.

Cliente	
C	**JAVA**
La función socket() devuelve un *file descriptor* para hacer syscalls al sistema	El método socket() crea la conexión **directamente**, recibe como parámetros la IP y el puerto.
La función connect() se usa para conectarse a una dirección IP o puerto específico	No tiene la función, sino que socket la incluye.
La función read() lee una cantidad determinada de datos desde el *socket*	El método read() no lee directo de *socket* sino que tiene que realizar un *InputStream*
La función write() escribe una cantidad determinada de datos en el *socket*	El método write() no lee directo de *socket* sino que tiene que realizar un *OutputStream*
Puede utilizarse el mismo buffer tanto para leer como para enviar datos a través del socket	Utiliza objetos específicos para cada operación. *DataInputStream y DataOutputStream*
Puede implementarse la solución tanto del lado del cliente como del servidor utiliza la misma biblioteca socket.h	Para la implementación del cliente utiliza una clase (java.net.Socket) distinta que para la implementación del servidor (java.net.ServerSocket)
Si los datos no pueden ser escritos o leídos en una sola operación no involucra un error	Si se supera el tamaño máximo de bytes transmitidos se produce una excepción
Los sockets tienen límites en la cantidad de datos que envían/reciben	
Los métodos/funciones brindados por las bibliotecas, permiten simular un esquema cliente/servidor	

Servidor	
C	**JAVA**
La función socket() devuelve un *file descriptor* para hacer syscalls al sistema.	Se usa la clase *serverSocket()*, que puede recibir como parámetro el puerto. Crea el *socket* donde se va a esperar la

Este *socket* no se conecta con el cliente, sino que se encarga de crear las conexiones	conexión de los clientes.
La función bind() asocia un *socket* con un puerto	La asociación del puerto está incluida en constructor *serverSocket()*
La función listen() es usada para esperar una cantidad determinada de conexiones entrantes en un *socket*	El método accept() es el encargado de esperar por conexiones y aceptarlas
La función accept() es usada para esperar las conexiones desde los clientes. Retorna un nuevo *socket* (file descriptor), mediante el cual se realiza la conexión.	El método accept() es el encargado de esperar por conexiones y aceptarlas
La función read() lee una cantidad determinada de datos desde el *socket*	El método read() no lee directo de *socket* sino que tiene que realizar un *InputStream*
La función write() escribe una cantidad determinada de datos en el *socket*	El método write() no lee directo de *socket* sino que tiene que realizar un *OutputStream*

Los sockets tienen límites en la cantidad de datos que envían/reciben

Los métodos/funciones brindados por las bibliotecas, permiten simular un esquema cliente/servidor

2. Tanto en C como en Java (directorios csock-javasock):
   a. ¿Por qué puede decirse que los ejemplos no son representativos del modelo c/s?

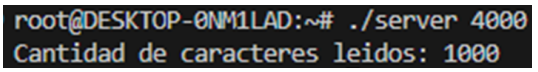
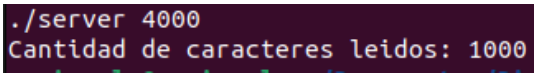
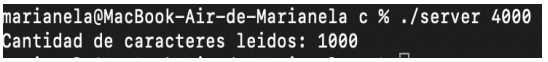
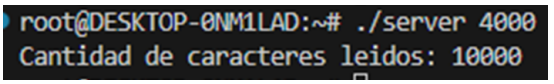
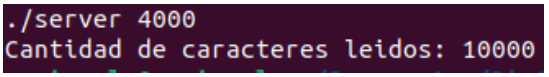
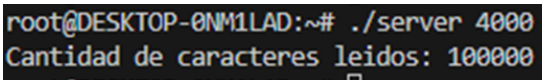
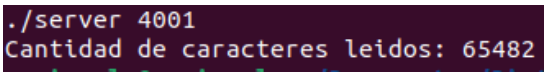
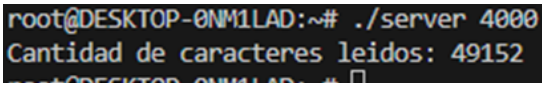
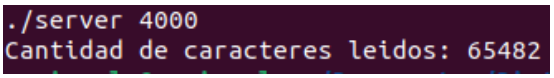
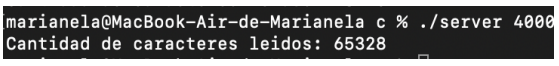
      En el modelo **cliente/servidor** el proceso del servidor debe esperar la solicitud entrante de un cliente y asegurar que dicha solicitud sea atendida, luego de atender esta solicitud, debe esperar una solicitud siguiente.
      En los ejemplos de c y java, se observa que una vez se establece la comunicación entre el cliente y el servidor, el servidor atiende la solicitud del cliente e inmediatamente finaliza el programa. Este comportamiento no es representativo del modelo **cliente/servidor**, donde el proceso server debería quedarse a la espera de una nueva solicitud.

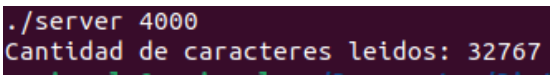
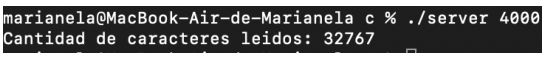
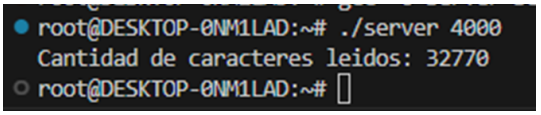
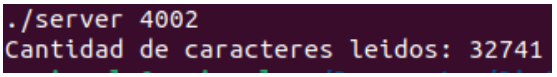
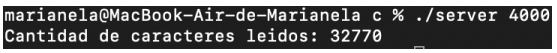
   b. Muestre que no necesariamente siempre se leen/escriben todos los datos involucrados en las comunicaciones con una llamada read/write con sockets.

      ***Sugerencia**: puede modificar los programas (C o Java o ambos) para que la cantidad de datos que se comunican sea de 10^3, 10^4, 10^5 y 10^6 bytes y contengan bytes asignados directamente en el programa (pueden no leer de teclado ni mostrar en pantalla cada uno de los datos del buffer), explicando el resultado en cada caso.*
      ***Importante**: notar el uso de "attempts" en "...attempts to read up to count bytes from file descriptor fd..." así como el valor de retorno de la función read (del man read).*

C

Para realizar las siguientes comprobaciones, se modificaron los ejemplos **client.c** y **server.c** agregando una directiva #define llamada buf_size la cual establece el tamaño del buffer. Además, en el ejemplo **client.c**, se agregó la función **memset()** la cual asigna buf_size cantidad de caracteres (para este ejemplo se asignó el carácter a) al buffer. En el proceso **server.c** se agregó la función **printf()** la cual informa la cantidad de caracteres que leyó el servidor del buffer (esta información se obtuvo de la función read() la cual retorna la cantidad de bytes leídos).

Bytes	S.O	Resultado
10^3	Windows	
	Linux	
	macOS	
10^4	Windows	
	Linux	
	macOS	
10^5	Windows	
	Linux	
	macOS	
10^6	Windows	
	Linux	
	macOS	
32767 (SSIZE_MAX)	Windows	

	Linux	
	macOS	
32770	Windows	
	LInux	
	macOS	

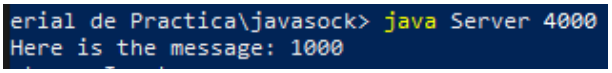
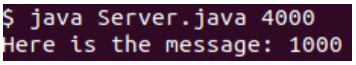
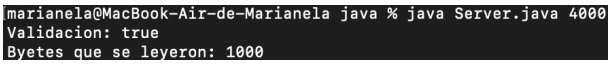
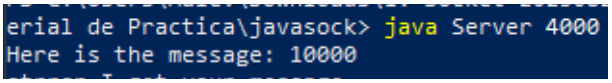
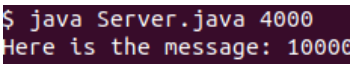
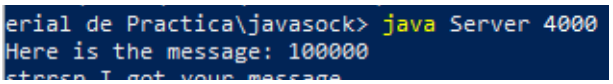
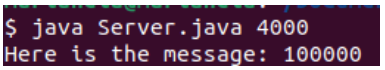
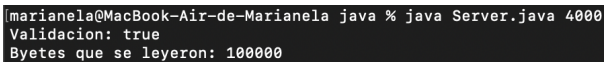
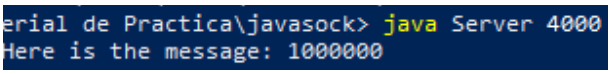
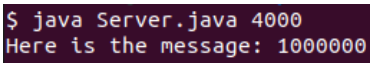
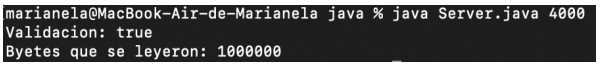
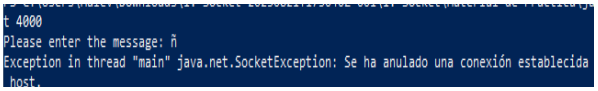
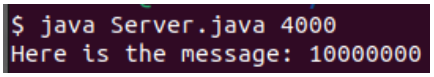
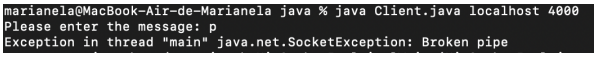
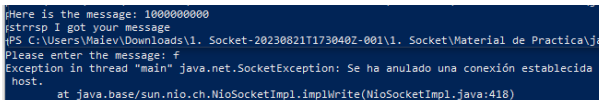
Para el caso de los procesos **client.c** y **server.c** el valor más grande que podrá ser escrito para la función **write()** o leído con la función **read()** en una sola operación**,** están delimitados por el tipo ssize_t **SSIZE_MAX**. Este valor se puede obtener mediante el comando **getconf SSIZE_MAX**, el cual para las pruebas realizadas sobre sistemas operativos linux, windows(wsl) y macOS, arrojaron 32767 bytes.

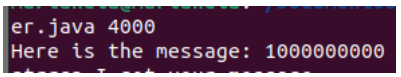
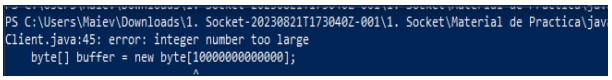
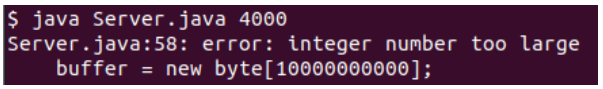
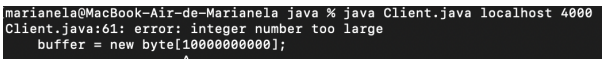
Todos los sistemas mostraron un comportamiento esperado en la lectura/escritura cuando se respetó el límite máximo **SSIZE_MAX**, sobrepasado este valor la cantidad de caracteres leídos en una operación comenzó a variar de manera indefinida.

Cabe destacar que la utilización de un **count** mayor a **SSIZE_MAX** no involucra error en la ejecución. El parámetro **count** determina la cantidad de bytes que pueden ser leídos de forma atómica, sí count supera **SSIZE_MAX** la cantidad de caracteres a ser leídos en una sola operación no pueden determinarse, pudiendo variar dependiendo las restricciones que impone el sistema operativo. Por otro lado, las funciones **read()** y **write()** también pueden verse afectadas por una interrupción del sistema, lo cual tampoco involucra un error, pero en caso de que tal suceso ocurriese durante la ejecución de una de estas operaciones, podrían leerse/escribirse menos caracteres de los esperados.

JAVA

A diferencia de C, estos ejemplos se ejecutan sobre una capa adicional que es la JVM, por lo tanto, se supuso que la capacidad de envió sería menor, ya que existe otro control adicional al propio S.O.

Bytes	S.O	Resultado
10^3	Windows	
	Linux	
	macOS	
10^4	Windows	
	Linux	
	macOS	
10^5	Windows	
	Linux	
	macOS	
10^6	Windows	
	Linux	
	macOS	
10^7	Windows	
	Linux	
	macOS	
10^9	Windows	

	Linux	
	macOS	
Mayores a 10^9	Windows	
	Linux	
	macOS	

Los procesos server y client de JAVA mostraron un comportamiento correcto hasta tamaño de datos de 10^6, por lo tanto se ingresaron tamaños superiores, verificando que el proceso cliente en S.O windows y macOS a partir de tamaños mayor o iguales a 10^7 genera una excepción que indica el cierre abrupto de la conexión. Pese a la excepción generada en el cliente, se observó que el proceso servidor no presentaba fallos ni inconsistencias con tamaños superiores a 10^6, concluyendo que este comportamiento puede ser debido al manejo de recursos que hace la JVM en conjunto con el S.O. Por último con el objetivo de comprobar si el proceso servidor podría comenzar a fallar a partir de un cierto tamaño de datos, se probó hasta el tamaño límite permitido por el compilador, establecido en 10^9 bytes, a partir de este valor el programa ya no compila.

Respecto al error en el cliente para tamaños de datos superiores o iguales a 10^7, se concluyó que era producto del del buffer. Si bien el servidor recibe todos los datos y no se interrumpe la ejecución, en el proceso cliente si se interrumpe por la generación de una excepción. Este comportamiento se creyó que podía tratarse de cómo la JVM gestiona la memoria, donde la misma, al detectar que quiere copiarse un buffer muy grande (aproximadamente 1GB de memoria) hacia el servidor, el cual que supera la cantidad máxima de bytes soportados (JAVA usa punteros de 32 bytes, así que soporta $2^{31} - 1$ direcciones según oracle), causa el cierre abrupto de la conexión, generando una excepción en el proceso cliente.

Por otro lado, con el objetivo de complementar la conclusión expuesta, se consultó a chat GPT, el cual expone que este comportamiento puede estar dado por:

- Problema de recursos: Si el cliente está utilizando demasiada memoria o recursos, esto podría llevar a problemas en la

comunicación y al cierre abrupto de la conexión. Asegúrate de que el cliente no esté consumiendo una cantidad excesiva de recursos.

- Buffer Overflow: En tu código del cliente, estás creando un buffer muy grande (byte[] buffer = new byte[1000000000];) y luego estás intentando escribirlo completo en el servidor. Si este buffer es demasiado grande para el sistema, podría causar un desbordamiento de memoria o recursos y resultar en la terminación de la conexión.

- Limitaciones del sistema operativo: Algunos sistemas operativos tienen limitaciones en la cantidad de datos que pueden enviarse o recibirse en una sola operación de socket. Si el buffer es demasiado grande, podría exceder estas limitaciones y causar la desconexión.

- Problemas en la JVM: Aunque menos común, los problemas en la máquina virtual de Java (JVM) también pueden causar comportamientos inesperados. Asegúrate de estar utilizando una versión actualizada y estable de Java.

Finalmente luego de haber ejecutado el programa sobre un S.O Linux, se comprobó que se realizó sin inconvenientes la transmisión incluso de 10^9 bytes, tanto del lado del cliente como del servidor, por lo tanto la evidencia indica que la limitación en la memoria está dada por el propio S.O.

c. Agregue a la modificación anterior una verificación de llegada correcta de los datos que se envían (cantidad y contenido del buffer), de forma tal que se asegure que todos los datos enviados lleguen correctamente, independientemente de la cantidad de datos involucrados.

C

Para la verificación de los datos que se envían, en **client.c** se realizaron las siguientes modificaciones:

1. Se transfiere mediante el socket la cantidad de bytes que luego se le enviará.
2. Se espera validación de recepción.
3. Se calcula la función de hash sobre los datos a enviar y se almacena para su posterior envío.
4. Se transfiere el mensaje a través del socket.
5. Se espera validación de recepción.
6. Se envía la función de hash.
7. Se espera validación de recepción.

Para la verificación de los datos que se reciben, en **server.c** se realizaron las siguientes modificaciones:

1. Se recibe la cantidad de bytes del mensaje que luego que se recibirá y se almacena dicho valor para posteriormente comprar.
2. Se envía mensaje de validación de recepción a través del socket.

3. Lee el socket (realizando desplazamiento sobre el buffer si tiene que leer más de una vez) hasta que la cantidad de bytes leídos sea la misma que el proceso client le indico previamente.
4. Se envía mensaje de validación de recepción a través del socket.
5. Se calcula función de hash y almacena el valor calculado.
6. Se recibe el valor de hash calculado por el proceso client.
7. Verifica si el hash generado en el server es el mismo que el hash recibido por el proceso server
8. Se envía mensaje de validación de recepción a través del socket.

JAVA

Para los procesos de JAVA se diseñó un mecanismo similar al de C. La estrategia de hash que se usó fue MD5. El cliente a su vez le manda el tamaño de buffer por comodidad para hacer las pruebas.

Desde cliente.java:

1. Envía el buffer size al servidor.
2. Esperando la verificación del servidor
3. Genera el checksum del archivo a enviar.
4. Envía el checksum
5. Espera la confirmación del servidor.
6. Envía el archivo
7. Espera la respuesta del servidor.

El checksum usado es una implementación sencilla del algoritmo MD5.Tiene dos métodos uno que encripta por la clave MD5 y otro que lo desencripta y se fija si es válido:

- Generate: Este método toma como entrada una matriz de bytes message y devuelve una matriz de bytes que representa la suma de comprobación MD5 del mensaje. Inicializa una instancia de MessageDigest con el algoritmo MD5, la actualiza con el mensaje de entrada y luego genera la suma de comprobación.
- checksumToString: toma una matriz de bytes checksum y la convierte en una representación de cadena hexadecimal.
- isValid: Este método verifica si la suma de comprobación coincide con la suma de comprobación del mensaje dado. Convierte la suma de comprobación en una cadena hexadecimal y el mensaje en una nueva suma de comprobación MD5. Luego, compara las dos cadenas de suma de comprobación y devuelve true si son iguales.

Del lado del servidor.java:

1. Espera que alguien se conecte
2. Acepta la conexión.
3. Espera la recepción del buffer size.
4. Recibe el buffer size.
5. Envía confirmación de recepción del buffer size.
6. Espera que le manden el checksum.
7. Recibe el checksum.

8. Espera el archivo.
9. Recibe el archivo, iterando hasta terminar de leer el último byte.
10. Genera el checksum de los datos recibidos y el resultado lo compara con el checksum recibido del lado del cliente.
11. Retorna una confirmación si son iguales, caso contrario retorna que los datos fueron alterados

d. Grafique el promedio y la desviación estándar de los tiempos de comunicaciones de cada comunicación. Explique el experimento realizado para calcular el tiempo de comunicaciones.

Diseño en C

Para realizar el cálculo de tiempo de comunicación, se decidió realizar las medidas desde el lado del proceso cliente para el programa realizado sobre C. La metodología implementada consiste en una función la cual llamamos **dwalltime()**, la cual comienza a calcular el tiempo en la primera comunicación y finalmente toma el tiempo en la última comunicación. Por otro lado, se decidió calcular con la misma función **dwalltime()** en el proceso servidor solo el tiempo de cálculo de la función de hash sobre el mensaje leído, todo el resto del procesamiento fue despreciado, ya que consideramos que no representa un tiempo significativo.
El cálculo del tiempo de comunicación comprende la resta de la última comunicación menos el tiempo de la primera comunicación, menos el tiempo de procesamiento del hash en el proceso servidor.

Diseño en JAVA

Para este caso se decidió tomar checksum como parte de la comunicación entre los procesos. Para tomar los tiempos se usó nanoTime y las mediciones de la misma se hicieron del lado del cliente. Las mediciones se toman por cada write() y read(), despreciando el tiempo en el medio del trabajo de servidor.

Fórmulas empleadas

Una vez obtenido los tiempos total para cada tamaño de datos, se realiza el promedio sobre los valores obtenidos con la siguiente fórmula:

$$Tiempo\ Comunicación\ i\ = \frac{Tiempo\ Total}{n}$$

donde **n** representa la cantidad de comunicaciones (read y write) en el proceso client. Para ‘client.c’ n = 8 y para ‘Client.java’ n = 6.

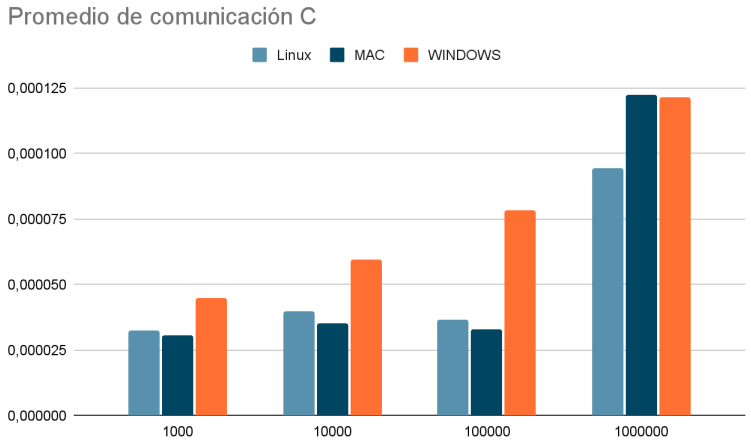
Finalmente, para calcular el tiempo aproximado medio de cada comunicación, se dividió entre 2 el tiempo promedio total, estimando que el tiempo de ambas comunicaciones son aproximadamente iguales.

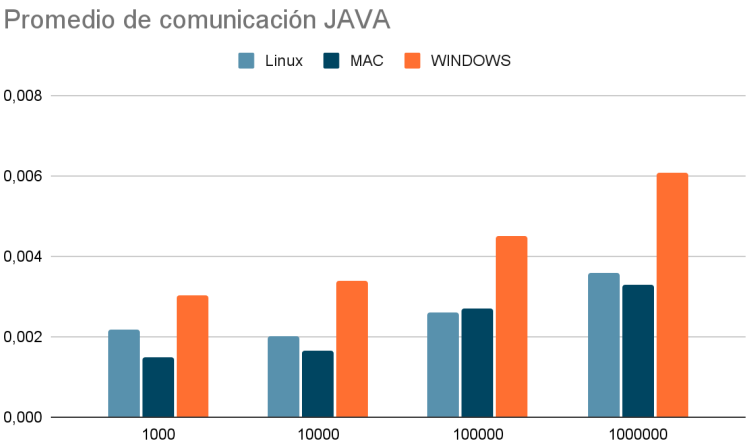
La fórmula utilizada es la siguiente:

$$Tiempo\ Total\ Promedio\ = \frac{\sum_{i}^{n} Tiempo\ comunicacion\ i^{i}}{n}$$

donde **n** representa el tamaño de la muestra utilizado. Para este caso se utilizó una muestra de n = 5.

El siguiente gráfico muestra el promedio de tiempo de comunicación para tamaños de datos de 10^3, 10^4, 10^5 y 10^6 y el Promedio:

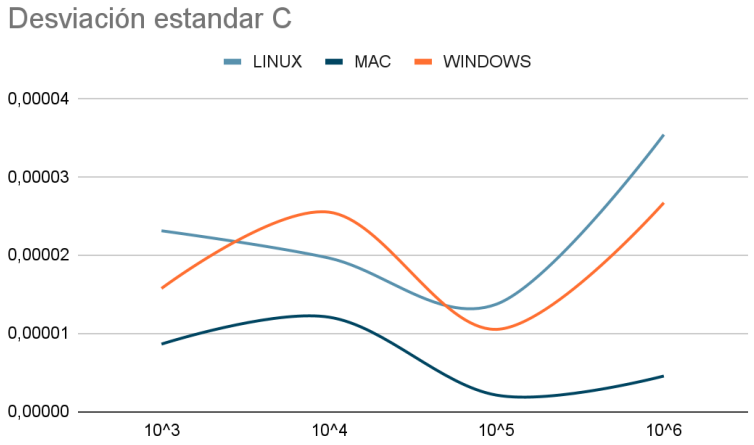


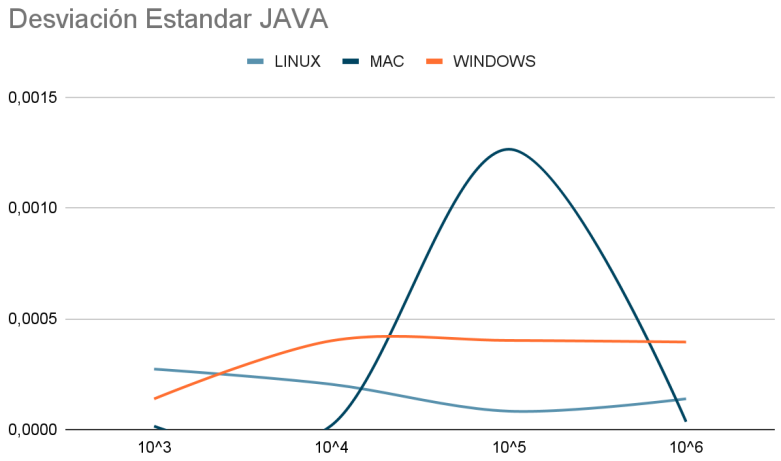


Finalmente para el cálculo de la desviación estándar se utilizó la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i}^{n}(Tiempo\ comunicacion\ 10^{i} - Tiempo\ Total\ Promedio)^{2}}{n}}$$

El siguiente gráfico ilustra la desviación obtenida para tamaños de datos de 10^3, 10^4, 10^5 y 10^6:





3. ¿Por qué en C se puede usar la misma variable tanto para leer de teclado como para enviar por un socket? ¿Esto sería relevante para las aplicaciones c/s?

   En C se puede utilizar la misma variable tanto para leer como para escribir porque es un puntero que apunta a una posición de memoria determinada. La función ***fgets(char *s, int size, FILE *stream)** almacena los valores recibidos en el buffer luego del último valor presente en el mismo. Por otro lado, la función **ssize_t write(int fd, const void *buf, size_t count)** escribe una cantidad de bytes en el socket, desde el buffer apuntado, hasta la cantidad determinada por el parámetro **count**.

   El uso de una única variable “buffer” tanto para almacenar los valores leídos de teclado como para enviar los datos a través del socket es relevante especialmente si se cuenta con un equipo o infraestructura con poca capacidad de memoria disponible. En este caso, cada proceso o thread que está atendiendo a un cliente, reutilizan su espacio evitando tener un buffer privado para recibir y otro para enviar.

La ventaja que tiene este enfoque es que se reutiliza el espacio, consumiendo menos recursos de memoria, pero por otro lado, la desventaja de este enfoque es la dificultad de su programación, ya que el programador debe hacerse responsable de la sincronización de los threads/procesos para evitar cualquier tipo de interferencia entre los mismos, así cómo la administración/manejo adecuado de la memoria.

4. ¿Podría implementar un servidor de archivos remotos utilizando sockets? Describa brevemente la interfaz y los detalles que considere más importantes del diseño. No es necesario implementar.

Un modelo de servidor de archivos remoto basado en la interfaz del protocolo FTP, se podría implementar para manejar de forma básica la transferencia de archivos, mediante los comandos **GET, PUT, LIST** de la siguiente forma:

LIST		
Paso	**Cliente**	**Servidor**
1.		En espera de una petición mediante la función accept().
2.	Mediante la función *write()* se envía un buffer con el contenido “LIST directorio” al servidor y queda a la espera de respuesta del servidor mediante el uso de la función *read()*.	
3.		Recibe una petición mediante la función *read()*, procesa el pedido y le envía al cliente con un *write()* el contenido del directorio solicitado.
4.	El cliente recibe la petición y procede a leer los datos recibidos, finalmente termina.	
5.		Se queda a la espera de nueva petición mediante la función accept()

GET		
Paso	**Cliente**	**Servidor**
1.		En espera de una petición mediante la función accept().
2.	Mediante la instrucción *write()* se transmite al socket el contenido “GET archivo”, luego queda a la espera de la respuesta del servidor con la función *read()*.	
3.		El servidor detecta la petición y la recibe con la función *read()*. Extrae la información la parsea, ubica el archivo requerido y envía contenido del mismo con función *write()* .
4.	El cliente recibe la respuesta del servidor con la función *read()*	
5.		Envía un código hash para verificar integridad de envío con función *write()* y se queda a la espera de recibir un “ok” de parte del cliente con un *read()*.
6.	Lee hash del servidor con r*ead(),* aplica función de hash sobre el contenido del archivo recibido y compara los valores. Si está correcto hace un write() con respuesta “ok” y termina. Caso contrario escribe “not ok”, y vuelve al paso de esperar el archivo.	
7.		Se queda a la espera de nueva petición mediante la función accept()

PUT		
Paso	**Cliente**	**Servidor**
1.		En espera de una petición mediante la función accept().
2.	Mediante la instrucción *write()* envía al socket el contenido “PUT archivo” y se queda esperando la respuesta del servidor en un *read()*	
3.		Detecta el pedido y hace un read(). Le responde al usuario haciendo un *write()* “ok” y se queda esperando en un *read()* al archivo
4.	Hace un *write()* del archivo completo	
		El servidor hace un *read()* para recibir el archivo
5.	Aplica función de hash sobre el contenido del archivo y envía el hash con *write()* al servidor y espera con read().	
6.		Hace *read()* para recibir el hash del cliente y luego aplica función de hash sobre el archivo recibido y compara el hash con el recibido del cliente. Si está correcto le envía un “ok”, caso contrario envía un “not ok” mediante operación write()
7.	Si recibe respuesta ok termina, caso contrario vuelve al paso enviar archivo.	
8.		Espera nueva petición mediante accept().

5. Defina qué es un servidor con estado (stateful server) y qué es un servidor sin estado (stateless server)

Stateful server: Este tipo de diseño mantiene información de forma persistente en sus usuarios. Este tipo de información necesita ser explícitamente eliminada por el server. La ventaja es que tiene mayor rendimiento que un servidor stateless por su capacidad de actualizar constantemente el estado. Como desventaja, al momento de un crash se debe recuperar su estado total. Es decir la tabla (cliente,archivo) y no hay garantías si la información que se recupera es la última versión.

Stateless server: Este tipo de diseño no mantiene la información de estado de los clientes, y puede cambiar su propio estado sin tener información del cliente. Algunos servidores “sin estado” mantienen información de los clientes, pero la pérdida de esta información no involucra la interrupción del servicio. Una forma de stateless servers son los servers soft state, los cuales mantienen la información/estado del cliente durante un periodo de tiempo.

Tablas de tiempo de Comunicación

Tiempo comunicación C (punto 2d)

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1_FxCkY9j_w7bkGju-s_fn1WUmbsywgxhaKaw4zNqEkA/edit#gid=0

Tiempo comunicación JAVA (punto 2d)

https://docs.google.com/spreadsheets/d/12on_GhDxy6ggGQQxHMRgo3cOsYcIIoVjJRawYi9fxYo/edit#gid=0