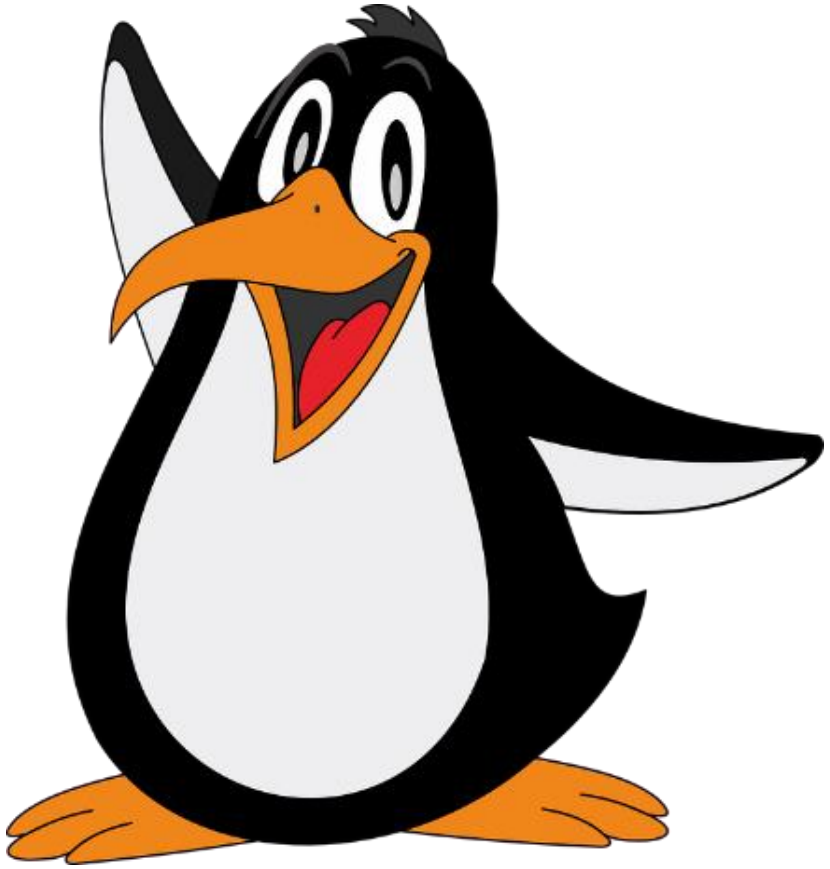
# Sistemas Operacionais II

## Comunicação entre Processos
## Parte 2

Fabricio Breve
fabricio.breve@unesp.br
https://www.fabriciobreve.com

# Sumário

- Pipes
- FIFOs
- Sockets



# Pipes

- Um *pipe* é um dispositivo que permite comunicação unidirecional.
  - Dados escritos no “lado de escrita” do *pipe* são lidos no “lado de leitura” do mesmo.
  - São dispositivos seriais.
    - Os dados são lidos na mesma ordem em que foram escritos.
  - Tipicamente são usados na comunicação entre duas *threads* em um único processo ou entre processos pai e filho.

# Pipes

- Em *shells*, o símbolo `|` cria um *pipe*.
  - Exemplo:
    - `ls | less`
      - Faz com que a *shell* crie dois processos filhos, um para **`ls`** e outro para **`less`**
      - A *shell* também cria um *pipe* conectando a saída padrão do subprocesso **`ls`** com a entrada padrão do subprocesso **`less`**
        - » Os nomes de arquivos listados por **`ls`** são enviados para **`less`** na mesma ordem que seriam enviados diretamente ao terminal

# Pipes

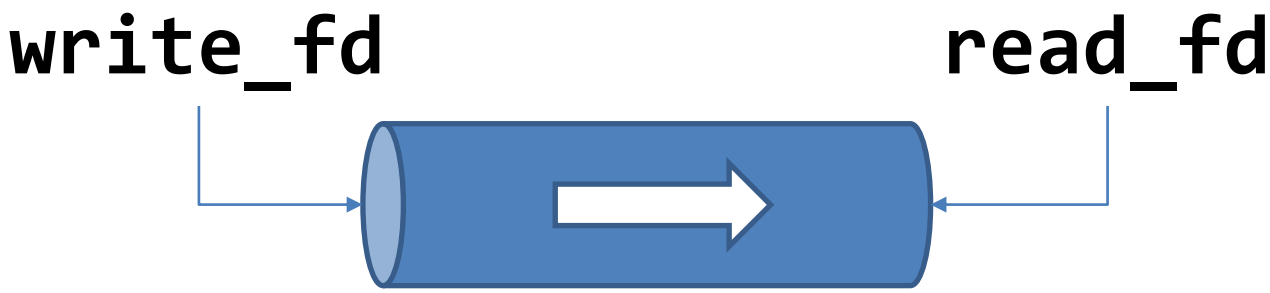
- A capacidade de armazenamento de dados dos *pipes* é limitada.
  - Se o processo escritor for mais rápido que o processo leitor, e se o *pipe* não puder armazenar mais dados, o processo escritor **bloqueia** até que mais capacidade se torne disponível.
  - Se o processo leitor tentar ler mas não houver dados disponíveis, ele **bloqueia** até que dados se tornem disponíveis.
  - Portanto, o *pipe* automaticamente sincroniza os dois processos.

# Criando Pipes

- Para criar um *pipe*, chame a função **`pipe`**
  - Forneça um *array* de inteiros de tamanho 2.
    - A chamada à **`pipe`** armazena o descritor de arquivo de leitura na posição `0` e o descritor de arquivo de escrita na posição 1.
    - Exemplo:

```
int pipe_fds[2];
int read_fd;
int write_fd;

pipe(pipe_fds);
read_fd = pipe_fds[0];
write_fd = pipe_fds[1];
```



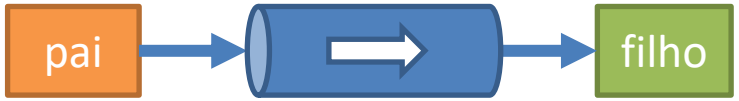

  - Dados escritos no descritor de arquivos **`write_fd`** podem ser lidos a partir de **`read_fd`**

# Comunicação entre Processo Pai e Processo Filho

- Uma chamada para **`pipe`** cria os descritores de arquivos, que são válidos somente naquele processo e seus filhos.
  - Os descritores de arquivos de um processo não podem ser passados a processos não relacionados.
    - Porém, quando o processo chama **`fork`**, os descritores de arquivos são copiados para o novo processo filho.
      - Portanto, *pipes* podem conectar apenas processos relacionados.

# Comunicação entre Processo Pai e Processo Filho

- No exemplo a seguir, um **`fork`** cria um novo processo filho.
- O filho herda os descritores de arquivos do *pipe*.
- O pai escreve uma *string* no *pipe*, e o filho lê.
- O programa converte os descritores de arquivos em *streams* **`FILE*`** usando **`fdopen`**
  - Isto permite usar *streams* em vez de descritores de arquivos, permitindo o uso de funções de alto nível da biblioteca padrão de entrada/saída do C, como **`printf`** e **`fgets`**.



```c
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

/* Escreve COUNT cópias de MESSAGE para STREAM, pausando por
   um segundo entre cada.  */

void writer (const char* message, int count, FILE* stream)
{
  for (; count > 0; --count) {
    /* Escreve a mensagem para o fluxo, e envia imediatamente.  */
    fprintf (stream, "%s\n", message);
    fflush (stream);
    /* Cochila um pouco.  */
    sleep (1);
  }
}

/* Lê strings aleatórias do fluxo por tanto tempo quando possível.  */

void reader (FILE* stream)
{
  char buffer[1024];
  /* Ler até encontrar o fim do fluxo.  fgets lê até encontrar
     uma nova linha ou o fim-do-arquivo.  */
  while (!feof (stream)
         && !ferror (stream)
         && fgets (buffer, sizeof (buffer), stream) != NULL)
    fputs (buffer, stdout);
}
```

```c
int main ()
{
  int fds[2];
  pid_t pid;

  /* Cria um pipe.  Descritores de arquivos para as duas pontas do pipe
     são colocados em fds.  */
  pipe (fds);
  /* Fork cria um processo filho.  */
  pid = fork ();
  if (pid == (pid_t) 0) {
    FILE* stream;
    /* Este é o processo filho. Feche nossa cópia da ponta de escrita
       do descritor de arquivo.  */
    close (fds[1]);
    /* Converte o descritor de arquivo de leitura em um objeto FILE
       e lê a partir dele.  */
    stream = fdopen (fds[0], "r");
    reader (stream);
    close (fds[0]);
  }
  else {
    /* Este é o processo pai.  */
    FILE* stream;
    /* Feche nossa cópia da ponta de leitura do descritor de arquivos.  */
    close (fds[0]);
    /* Converta o descritor de arquivos de escrita em um objeto FILE
       e escreve nele.  */
    stream = fdopen (fds[1], "w");
    writer ("Olá, mundo.", 5, stream);
    close (fds[1]);
  }

  return 0;
}
```

**pipe.c**

# Usando um Pipe para Comunicação com um Processo Filho

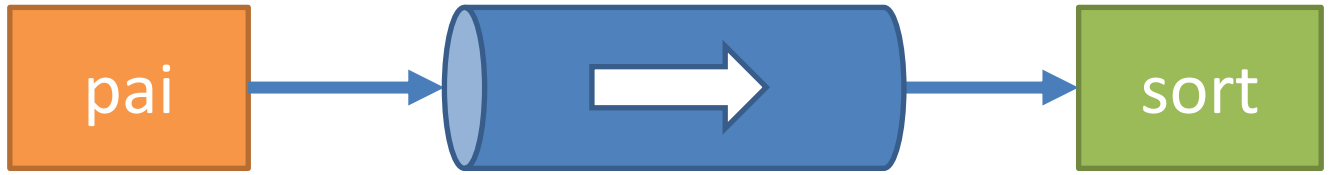
Veja em execução:
https://youtu.be/dvaysoJTlQc

# Redirecionando Fluxos de Entrada, Saída e Erro Padrão

- Para redirecionar os fluxos de entrada, saída e/ou erro padrão podemos usar a chamada **`dup2`**
  - Exemplo:
    - Para redirecionar a entrada padrão de um processo para um descritor de arquivos **`fd`**, use esta linha:
      - **`dup2(fd, STDIN_FILENO);`**
        - » A constante simbólica `STDIN_FILENO` representa o descritor de arquivos para a entrada padrão, que tem o valor `0`.
        - » A chamada fecha a entrada padrão e então a reabre como uma duplicata de **`fd`**.
          - Ambos compartilham a mesma posição no arquivo e o mesmo conjunto de *flags* de status de arquivo.
            - Ou seja, caracteres lidos de **`fd`** não serão relidos da entrada padrão.

# Redirecionando Fluxos de Entrada, Saída e Erro Padrão

- O exemplo a seguir usa **dup2** para enviar a saída de um *pipe* para o comando **`sort`**.
- Após criar um *pipe*, o programa bifurca (*forks*).
- O processo pai imprime algumas *strings* para o *pipe*.
- O processo filho acopla o descritor de arquivo de leitura do *pipe* à sua entrada padrão usando **dup2**. Então ele executa o programa **`sort`**.



Veja em execução:
https://youtu.be/3hZzZZkO6GE

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

int main ()
{
  int fds[2];
  pid_t pid;

  /* Cria um pipe.  Descritores de arquivos para as duas pontas do
     pipe são colocados em fds.  */
  pipe (fds);
  /* Cria um processo filho.  */
  pid = fork ();
  if (pid == (pid_t) 0) {
    /* Este é o processo filho. Feche nossa cópia da ponta de saída
       do descritor de arquivos.  */
    close (fds[1]);
    /* Conecte a ponta de saída à entrada padrão do pipe.  */
    dup2 (fds[0], STDIN_FILENO);
    /* Substitua o processo filho com o programa "sort".  */
    execlp ("sort", "sort", 0);
  }
```

```c
else {
    /* Este é o processo pai.  */
    FILE* stream;
    /* Feche nossa cópia da ponta de leitura do descritor de
         arquivos. */
    close (fds[0]);
    /* Converte o descritor de arquivo de escrita em um objeto
       FILE e escreve nele.  */
    stream = fdopen (fds[1], "w");
    fprintf (stream, "Este é um teste.\n");
    fprintf (stream, "Olá, mundo.\n");
    fprintf (stream, "Meu cachorro tem pulgas.\n");
    fprintf (stream, "Este programa é ótimo.\n");
    fprintf (stream, "Um peixe, dois peixes.\n");
    fflush (stream);
    close (fds[1]);
    /* Espere o processo filho terminar.  */
    waitpid (pid, NULL, 0);
  }

  return 0;
}
```

**dup2.c**

Redirecionando a Saída de um Pipe com *dup2*



Obs: para evitar o aviso do compilador, troque `0` por `NULL` na chamada a **`execlp`**

# FIFOs

- FIFO (*first-in*, *first-out*) é um *pipe* que tem um nome no sistema de arquivos.
- Qualquer processo pode abrir ou fechar o FIFO.
- Os processos em ambas as pontas do *pipe* não precisam ser relacionados um com o outro.
- FIFOs também são chamados *pipe com nome* (*named pipes*)

# FIFOs

- Você pode criar um FIFO usando o comando **`mkfifo`**
  - Especifique o caminho para o FIFO na linha de comando.
    - Exemplo:
      - Para criar um FIFO em `/tmp/fifo` use:
        - » `mkfifo /tmp/fifo`
        - » `ls -l /tmp/fifo`

```
fabricio@fabricio-virtual-machine:~/so2/aula9$ mkfifo /tmp/fifo
fabricio@fabricio-virtual-machine:~/so2/aula9$ ls -l /tmp/fifo
prw-rw-r-- 1 fabricio fabricio 0 Mai  3 19:12 /tmp/fifo
```

      - O primeiro caractere da saída de **`ls`** é um **`p`**, indicando que o arquivo é na verdade um FIFO.

# FIFOs

- Abra dois terminais.
- No primeiro terminal digite:
  - **`cat < /tmp/fifo`**
- No segundo terminal digite:
  - **`cat > /tmp/fifo`**
- Escreva no segundo terminal e veja o que acontece no primeiro cada vez que você pressiona ENTER.
- Dica:
  - No Fedora use Ctrl+Alt+N para abrir novo terminal.

Veja em execução:
https://youtu.be/0bRc8i1R8Ws

# Criando um FIFO

- Para criar um FIFO programaticamente utilize a função **`mkfifo`**.
  - Argumentos:
    - Caminho no qual o FIFO deve ser criado.
    - Permissões do dono do FIFO, seu grupo e todos os demais.
  - As permissões precisam incluir leitura e escrita.
  - Se o FIFO não puder ser criado (por exemplo, se um nome de arquivo já existir) **`mkfifo`** retorna `-1`.
  - Inclua **`<sys/types.h>`** e **`<sys/stat.h>`** se chamar **`mkfifo`**.

# Acessando um FIFO

- O acesso a um FIFO é como o acesso a um arquivo comum.
- Para se comunicar através do FIFO, um programa precisa abri-lo para escrita e outro deve abri-lo para leitura.
- Tanto funções de I/O de baixo nível (**`open`**, **`write`**, **`read`**, **`close`**, etc.) quanto as funções de I/O da biblioteca C (**`fopen`**, **`fprintf`**, **`fscanf`**, **`fclose`**, etc.) podem ser usadas.

# Acessando um FIFO

- Exemplos:
  - Escrevendo um buffer de dados para um FIFO usando rotinas de I/O de baixo nível:

```
int fd = open(fifo_path, O_WRONLY);
write (fd, data, data_length);
close (fd);
```

  - Lendo uma *string* do FIFO usando funções de I/O da biblioteca C:

```
FILE* fifo = fopen (fifo_path, "r");
fscanf (fifo, "%s", buffer);
fclose(fifo);
```

# Acessando um FIFO

- Um FIFO pode ter múltiplos leitores ou múltiplos escritores.
- Bytes de cada escritor são escritos atomicamente até um máximo de **`PIPE_BUF`** (4KB no Linux).
- Pedaços de escritores simultâneos podem ser intercalados.
- Regras similares se aplicam a múltiplas leituras.

# Sockets

- Um *socket* é um dispositivo que permite comunicação bidirecional.
- Pode ser usado por processos rodando na mesma máquina ou em máquinas diferentes.
- Programas de Internet, como Telnet, rlogin, FTP, talk, a World Wide Web, etc. usam *sockets*.

# Sockets

- Exemplo:
  - Você pode obter uma página HTML de um servidor Web usando o programa Telnet, pois ambos usam *sockets* para comunicação em rede.
  - Abra uma conexão com **`www.rc.unesp.br`**
    - **`telnet www.rc.unesp.br 80`**
  - Digite o comando **`GET /`** , pressione ENTER e observe o que acontece.

Obs: as vezes é necessário pressionar ENTER duas vezes

Veja em execução:
https://youtu.be/MMpsDoo1yWc

# Conceitos de Sockets

- Quando você cria um *socket*, precisa especificar três argumentos:
  - Estilo de comunicação
  - Espaço de nomes
  - Protocolo

# Estilos de Comunicação

- Controla como o *socket* trata dados transmitidos e especifica a quantidade de parceiros de comunicação.
- Quando dados são enviados através de um *socket*, eles são empacotados em porções chamadas pacotes (*packets*).
- O estilo de comunicação determina como estes pacotes são manipulados e como eles são endereçados do remetente ao destinatário.

# Estilos de Comunicação

- *Connection* (orientado a conexões):
  - Estilo que garante a entrega de todos os pacotes na ordem em que foram enviados.
  - Se pacotes são perdidos ou reordenados por problemas na rede, o receptor automaticamente requisita retransmissões ao remetente.
- *Datagram* (orientado a datagramas):
  - Estilo que não garante a entrega ou ordem de chegada.
  - Pacotes podem ser perdidos ou reordenados em trânsito devido a erros de rede ou outras condições.
  - Cada pacote precisa estar rotulado com seu destino e não há garantia de entrega.
  - O sistema garante apenas que fará o “melhor esforço”, portanto pacotes podem desaparecer ou chegar em uma ordem diferente da que foram enviados.

# Espaço de Nomes

- Especifica como *endereços de sockets* são escritos.
- Um endereço de *socket* identifica uma ponta de uma conexão de *socket*.
- Por exemplo:
  - Endereços de *socket* no “espaço de nomes local” são nomes de arquivos comuns.
  - Endereços de *socket* no “espaço de nomes da Internet” são compostos por:
    - Um endereço de Internet (endereço IP) de um hospedeiro conectado a rede.
    - Número de porta/porto.
      - Distingue entre vários *sockets* no mesmo hospedeiro.

# Protocolos

- Especifica como os dados são transmitidos.
- Exemplos:
  - TCP/IP
    - O protocolo da Internet.
  - IPX/SPX
    - Foi bastante usado nas redes Novell Netware.
  - AppleTalk
    - Protocolo da Apple, presente no primeiro Macintosh em 1985, removido do Mac OS X em 2009.
  - Protocolo de comunicação local do UNIX

# Chamadas de Sistema

- *Sockets* são mais flexíveis que as outras técnicas de comunicação já discutidas.
- Estas são as chamadas de sistema envolvendo *sockets*:
  - **`socket`** – Cria um *socket*.
  - **`close`** – Destrói um *socket*.
  - **`connect`** – Cria uma conexão entre dois *sockets*.
  - **`bind`** – Rotula um *socket* de servidor com um endereço.
  - **`listen`** – Configura um *socket* para aceitar conexões.
  - **`accept`** – Aceita uma conexão e cria um novo *socket* para ela.
- *Sockets* são representados por descritores de arquivos.

# Criando e Destruindo Sockets

- As funções **`socket`** e **`close`** criam e destroem *sockets*, respectivamente.
- Quando você cria um *socket*, especifica espaço de nomes, estilo de comunicação e protocolo.
  - Exemplos nos próximos *slides*.

# Criando e Destruindo Sockets

- Espaço de nomes:
  - Use constantes iniciando com **PF_** (de “protocol families”)
    - Exemplos:
      - **PF_LOCAL** ou **PF_UNIX** especificam o espaço de nomes local.
      - **PF_INET** ou **PF_INET6** especifica o espaço de nomes da Internet em IPv4 ou IPv6, respectivamente
- Estilo de comunicação:
  - Use constantes iniciando com **SOCK_**
    - Exemplos:
      - **SOCK_STREAM** para o estilo *connection*
      - **SOCK_DGRAM** para o estilo *datagram*

# Criando e Destruindo Sockets

- Protocolo
  - Especifica o mecanismo de baixo nível para transmitir e receber dados.
  - Cada protocolo é válido para uma combinação particular de estilo e espaço de nomes.
    - Há um protocolo ideal para cada combinação, especifique **`0`** para escolhê-lo.
- Se **`socket`** for bem sucedido, retornará um descritor de arquivos para o *socket*.
  - Você pode ler ou escrever para o *socket* usando **`read`**, **`write`**, etc., como faria com outros descritores de arquivos.
- Quando terminar de usar um *socket*, chame **`close`** para removê-lo.

# Chamando **`connect`**

- Para criar uma conexão entre dois *sockets*, o cliente chama **`connect`**, especificando o endereço do *socket* do servidor ao qual ele quer se conectar.
- O cliente chama **`connect`** para iniciar uma conexão do *socket* local ao *socket* do servidor especificado no segundo argumento.
- O terceiro argumento é o tamanho, em *bytes*, da estrutura de endereço apontada pelo segundo argumento.
  - Os formatos de endereços de *sockets* diferem dependendo do espaço de nomes do *socket*.

# Enviando informação

- Qualquer técnica usada para escrever em um descritor de arquivo pode ser usada para escrever em um *socket*.
- A função **`send`**, específica de descritores de *socket*, fornece uma alternativa ao **`write`**, com algumas opções adicionais.
  - Veja a página do manual para mais informações.

# Servidores

- O ciclo de vida de um servidor consiste de:
  - Criar um *socket* orientado a conexões.
  - Acoplar um endereço a ele.
  - Chamar **`listen`** para habilitar conexões ao *socket*.
  - Chamar **`accept`** para aceitar conexões entrantes.
  - Fechar o *socket*.
- Dados não são lidos e escritos diretamente via *socket* de servidor.
  - Em vez disso, cada vez que um programa aceita uma nova conexão, o Linux cria um *socket* separado para usar na transferência de dados sobre aquela conexão.

# Servidores

- Um endereço precisa ser acoplado ao *socket* de servidor usando **`bind`** para que um cliente possa encontrá-lo.
  - Argumentos:
    1. Descritor de arquivo do *socket*.
    2. Ponteiro para uma estrutura de endereço de *socket*.
       - O formato depende da família de endereços do *socket*.
    3. Tamanho da estrutura de endereço, em *bytes*.

# Servidores

- Quando um endereço é acoplado ao socket de servidor, ele deve invocar **`listen`** para indicar que é um servidor.
  - Argumentos:
    1. Descritor de arquivo do *socket*.
    2. Quantidade de conexões que podem ser enfileiradas.
       - Se a fila estiver cheia, conexões adicionais serão rejeitadas.
       - Não limita o número de conexões que o servidor pode lidar, mas apenas o número de clientes tentando conectar e que ainda não foram aceitos.

# Servidores

- Um servidor aceita uma requisição de conexão de um cliente invocando **`accept`**.
  - Argumentos:
    1. Descritor de arquivo do *socket*.
    2. Ponteiro para uma estrutura de endereços de *socket*, preenchida com o endereço do *socket* do cliente.
    3. Tamanho, em *bytes*, da estrutura de endereços do *socket*.

# Servidores

- O servidor pode usar o endereço do cliente para determinar se realmente quer se comunicar com ele.
- A chamada a **`accept`** cria um novo *socket* para a comunicação com o cliente, e retorna o descritor de arquivo correspondente.
- O *socket* de servidor original continua a aceitar novas conexões de clientes.

# Servidores

- Para ler dados de um *socket* sem removê-los da fila de entrada, use **`recv`**.
  - Tem os mesmos argumentos de **`read`**, e um argumento adicional de FLAGS.
    - Uma *flag* MSG_PEEK faz com que dados sejam lidos, mas não removidos da fila de entrada.

# Sockets Locais

- *Sockets* conectando processos no mesmo computador podem usar o espaço de nomes local representado por **`PF_LOCAL`** e **`PF_UNIX`**.
- Estes são chamados *sockets locais* ou *sockets do domínio UNIX*.
- Seus endereços de *socket*, especificados por nomes de arquivos, são usados somente quando criando conexões.

# Sockets Locais

- O nome do socket é especificado na estrutura **`sockaddr_un`**.
- Você precisa configurar o campo **`sun_family`** para **`AF_LOCAL`**, indicando que este é o espaço de nomes local.
- O campo **`sun_path`** especifica o nome de arquivo a ser usado, e precisa ter no máximo 108 *bytes*.
- O tamanho real da estrutura **`sockaddr_un`** deve ser calculado com a macro **`SUN_LEN`**.
- Qualquer nome de arquivo pode ser usado, mas o processo precisa ter permissões de escrita no diretório.
- Para conectar a um *socket*, o processo precisa ter permissão de escrita para o arquivo.
- Apesar de diferentes computadores poderem compartilhar o mesmo sistema de arquivo, apenas processos executando no mesmo computador podem ser comunicar com *sockets* de espaço de nomes local.

# Sockets Locais

- O único protocolo possível para o espaço de nomes local é `0`.
- Como reside no sistema de arquivos, um socket local é listado como um arquivo.
  - O primeiro caractere das entradas de socket na saída produzida por **`ls`** é a letra **`s`**.
- Chame **`unlink`** para remover um socket local quando terminar de usá-lo.

# Exemplo usando Sockets com Espaço de Nomes Local

- O uso de *sockets* com espaço de nomes local é ilustrado com dois programas:
  - **`socket-server.c`**
    - Cria um *socket* no espaço de nomes local e escuta conexões a ele.
    - Quando recebe uma conexão, lê mensagens de texto da mesma e as imprime até que a conexão se encerre.
    - Se uma das mensagens for "`quit`", o programa servidor remove o *socket* e finaliza
    - Toma o primeiro argumento como o caminho para o *socket*.
  - **`client-socket.c`**
    - Conecta ao *socket* de espaço de nomes local e envia uma mensagem.
    - O caminho para o *socket* e a mensagem são passados como argumento.

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <sys/socket.h>
#include <sys/un.h>
#include <unistd.h>

/* Lê texto do socket e imrpime. Continua até que o socket feche.
   Retorna não-zero se o cliente enviou um “quit” ou zero caso
   contrário.  */

int server (int client_socket)
{
  while (1) {
    int length;
    char* text;

    /* Primeiro, lê o tamanho de uma mensagem de texto do socket.
       Se a leitura retorna zero, o cliente fechou a conexão.  */
    if (read (client_socket, &length, sizeof (length)) == 0)
      return 0;
    /* Aloca o buffer para armazenar o texto.  */
    text = (char*) malloc (length);
    /* Lê o texto, e o imprime.  */
    read (client_socket, text, length);
    printf ("%s\n", text);
    /* Se o cliente enviou a mensagem "quit", terminamos.  */
    if (!strcmp (text, "quit"))
    {
       free (text); /* Libera o buffer.  */
       return 1;
    }
    else free (text); /* Libera o buffer.  */
  }
}
```

Obs: no código original há um erro. O *buffer* está sendo liberado antes de testar se o usuário digitou “quit”

```c
int main (int argc, char* const argv[])
{
  const char* const socket_name = argv[1];
  int socket_fd;
  struct sockaddr_un name;
  int client_sent_quit_message;

  /* Cria o socket.  */
  socket_fd = socket (PF_LOCAL, SOCK_STREAM, 0);
  /* Indica que este é um servidor.  */
  name.sun_family = AF_LOCAL;
  strcpy (name.sun_path, socket_name);
  bind (socket_fd, (struct sockaddr *) &name, SUN_LEN (&name));
  /* Escuta por conexões.  */
  listen (socket_fd, 5);

  /* Repetidamente aceita conexões, e cria um novo socket para lidar
     com cada cliente.  Continua até um cliente enviar a mensagem “quit”. */
  do {
    struct sockaddr_un client_name;
    socklen_t client_name_len;
    int client_socket_fd;

    /* Aceita uma conexão.  */
    client_name_len = sizeof(client_name);
    client_socket_fd = accept (socket_fd, (struct sockaddr *) &client_name, &client_name_len);
    /* Manipula a conexão.  */
    client_sent_quit_message = server (client_socket_fd);
    /* Fecha nossa ponta da conexão.  */
    close (client_socket_fd);
  }
  while (!client_sent_quit_message);

  /* Remove o arquivo de socket.  */
  close (socket_fd);
  unlink (socket_name);

  return 0;
}
```

Obs: no código original falta o *cast* de **&name**

Obs: no código original falta o *cast* de **&client_name** e a inicialização de **cliente_name_len**

# socket-server.c

Servidor com Socket de Espaço de Nomes Local

```c
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <sys/socket.h>
#include <sys/un.h>
#include <unistd.h>

/* Escreve TEXT para o socket dado pelo descritor de arquivo SOCKET_FD.  */

void write_text (int socket_fd, const char* text)
{
  /* Escreve o número de bytes na string, incluindo o terminador nulo */
  int length = strlen (text) + 1;
  write (socket_fd, &length, sizeof (length));
  /* Escreve a string.  */
  write (socket_fd, text, length);
}

int main (int argc, char* const argv[])
{
  const char* const socket_name = argv[1];
  const char* const message = argv[2];
  int socket_fd;
  struct sockaddr_un name;

  /* Cria um socket.  */
  socket_fd = socket (PF_LOCAL, SOCK_STREAM, 0);
  /* Guarda o nome do servidor no endereço do socket.  */
  name.sun_family = AF_LOCAL;
  strcpy (name.sun_path, socket_name);
  /* Conecta o socket.  */
  connect (socket_fd, (struct sockaddr *) &name, SUN_LEN (&name));
  /* Escreve o texto da linha de comando para o socket.  */
  write_text (socket_fd, message);
  close (socket_fd);
  return 0;
}
```

Obs: no código original falta o cast de &name

## socket-client.c

Cliente com Socket de Espaço de Nomes Local

# Exemplo usando Sockets com Espaço de Nomes Local

- Observações:
  - Antes de enviar o texto, o cliente envia o tamanho do texto.
    - Ele faz isso enviando os bytes da variável **`length`**.
  - Da mesma forma, o servidor lê primeiro o tamanho do texto para uma variável inteiro.
    - Isto permite que ele aloque um *buffer* de tamanho apropriado para armazenar a mensagem antes de lê-la do *socket*.

# unix domain sockets

Julia Evans
@b0rk

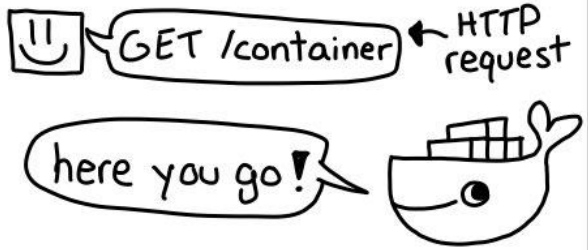
unix domain sockets are files.

```
$ file mysock.sock
socket
```

the file's permissions determine who can send data to the socket

they let 2 programs on the same computer communicate.

Docker uses Unix domain sockets, for example!




There are 2 kinds of unix domain sockets:

stream — like TCP! Lets you send a continuous stream of bytes

datagram — like UDP! Send discrete chunks of data

## advantage 1

Lets you use file permissions to restrict access to HTTP/ database services!

```
chmod 600 secret.sock
```

This is why Docker uses a unix domain socket


## advantage 2

UDP sockets aren't always reliable (even on the same computer).

unix domain datagram sockets are reliable! And won't reorder!


## advantage 3

You can send a file descriptor over a unix domain socket.

Useful when handling untrusted input files!


https://twitter.com/b0rk/status/980955984402272257/photo/1

# Sockets do domínio da Internet

- *Sockets* do domínio do UNIX só podem ser usados na comunicação entre dois processos no mesmo computador.
- *Sockets* do domínio da Internet, por outro lado, podem ser usados para conectar processos em diferentes máquinas conectadas por rede.

# Sockets do domínio da Internet

- *Sockets* que conectam processos através da Internet utilizam o espaço de nomes da Internet representados por **`PF_INET`** (IPv4) ou **`PF_INET6`** (IPv6).
- O protocolo mais comum é o TCP/IP.
  - O IP (*Internet Protocol*) é um protocolo de baixo nível que move pacotes através da Internet, dividindo-os e juntando-os novamente se necessário.
    - Ele garante apenas o “melhor esforço” de entrega, então pacotes podem sumir ou ser reordenados durante o transporte.
    - Cada computador participante tem um endereço IP único.
  - O TCP (*Transmission Control Protocol*), na camada acima da camada do IP, fornece transporte confiável com pacotes ordenados.

# Sockets do domínio da Internet

- Endereços de *sockets* da Internet tem duas partes: máquina e número de porta.
  - Esta informação é armazenada na variável **`sockaddr_in`**.
    - Ajuste o campo **`sin_family`** para **`AF_INET`** para indicar que este é um endereço do espaço de nomes da Internet.
    - O campo **`sin_addr`** armazena o endereço da Internet da máquina desejada como um número IP inteiro de 32 bits.
  - O número de porta distingue entre os diferentes *sockets* de uma mesma máquina.
    - Diferentes máquinas armazenam valores de mais de um *byte* de formas diferentes, portanto use **`htons`** para converter o número de porta para *ordem de bytes de rede*.

Obs: Em **IPv6** utilize **`sockaddr_in6`**, **`sin6_family`**, **`AF_INET6`**, **`sin6_addr`**, etc...

# Sockets do domínio da Internet

- Para converter nomes de *hosts*, endereços IPs na notação padrão (Ex.: `10.0.0.1`) ou nomes DNS (Ex.: `www.rc.unesp.br`) em números IPs de 32 bits, use **`gethostbyname()`**.
  - Retorna um ponteiro para uma estrutura **`struct hostent`**
    - O campo **`h_addr`** contém o número IP do *host*.
  - **Nota**: O POSIX.1-2008 removeu as especificações de **`gethostbyname()`** e recomenda o uso de **`getaddrinfo()`** em seu lugar

# Sockets do domínio da Internet

- Exemplo de uso de sockets do domínio da Internet:
  - **`socket-inet.c`**
    - O programa obtém a *home page* do servidor Web especificado como argumento na linha de comando

```c
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <netinet/in.h>
#include <netdb.h>
#include <sys/socket.h>
#include <unistd.h>
#include <string.h>

/* Imprime o contéudo da home page do servidor ao qual o socket.
   está conectado. Returna uma indicação de sucesso.  */

void get_home_page (int socket_fd)
{
  char buffer[10000];
  ssize_t number_characters_read;

  /* Envia o comando HTTP GET para pegar a home page.  */
  sprintf (buffer, "GET /\n");
  write (socket_fd, buffer, strlen (buffer));
  /* Lê do socket.  read pode não retronar todos os dados de uma vez,
     então continue tentando até acabar.  */
  while (1) {
    number_characters_read = read (socket_fd, buffer, 10000);
    if (number_characters_read == 0)
      return;
    /* Escreva os dados para a saída padrão.  */
    fwrite (buffer, sizeof (char), number_characters_read, stdout);
  }
}
```

Obs: as vezes é necessário usar dois **\n** após o comando **GET /**

Veja em execução:
https://youtu.be/rTA3e5cR_Z8

```c
int main (int argc, char* const argv[])
{
  int socket_fd;
  struct sockaddr_in name;
  struct hostent* hostinfo;

  /* Cria o socket.  */
  socket_fd = socket (PF_INET, SOCK_STREAM, 0);
  /* Armazena o nome do servidor no endereço do socket.  */
  name.sin_family = AF_INET;
  /* Converte de strings para números.  */
  hostinfo = gethostbyname (argv[1]);
  if (hostinfo == NULL)
    return 1;
  else
    name.sin_addr = *((struct in_addr *) hostinfo->h_addr);
  /* Servidores Web usam a porta 80.  */
  name.sin_port = htons (80);

  /* Conecta ao servidor web  */
  if (connect (socket_fd,  (struct sockaddr *) &name, sizeof (struct sockaddr_in)) == -1) {
    perror ("connect");
    return 1;
  }

  /* Recupera a home page do servidor.  */
  get_home_page (socket_fd);

  return 0;
}
```

Obs: no código original falta o cast de &name

# socket-inet.c

Lê de um Servidor Web

# Pares de Sockets

- Como vimos anteriormente, a função **`pipe`** cria dois descritores de arquivos para o início e fim de um *pipe*.
- *Pipes* são limitados porque os descritores de arquivos precisam ser usados por processos relacionados e porque a comunicação é unidirecional.
- A função **`socketpair`** cria dois descritores de arquivos para dois sockets conectados no mesmo computador. Estes descritores de arquivos permitem comunicação em dois sentidos entre processos relacionados.
  - Os primeiros três parâmetros são os mesmos da chamada **`socket`**, especificam domínio, estilo de conexão e protocolo.
  - O último parâmetro é um *array* de dois inteiros, que são preenchidos com os descritores de arquivos dos dois *sockets*, de maneira similar ao **`pipe`**.
  - O domínio precisa ser necessariamente **`PF_LOCAL`**.

# Exercício

- Modifique o exemplo de *Sockets* com Espaço de Nomes Local para funcionar na Internet.
- Execute servidor e cliente em terminais diferentes.
- O servidor recebe como argumento a porta que será ouvida.
- O cliente recebe como argumentos o nome de *host* do servidor (ou endereço IP), a porta do servidor, e a mensagem a ser enviada.
- Dica:
  - Para pegar todos os endereços IP da máquina nos servidores, use:
    - **`name.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);`**

Veja em execução:
https://youtu.be/80rod5VzoOU

# Referências Bibliográficas


1. NEMETH, Evi.; SNYDER, Garth; HEIN, Trent R.;. *Manual Completo do Linux: Guia do Administrador*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. Cap. 4.
2. DEITEL, H. M.; DEITEL, P. J.; CHOFFNES, D. R.; *Sistemas Operacionais: terceira edição*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. Cap. 20.
3. MITCHELL, Mark; OLDHAM, Jeffrey; SAMUEL, Alex; *Advanced Linux Programming*. New Riders Publishing: 2001. Cap. 5.
4. TANENBAUM, Andrew S.; *Sistemas Operacionais Modernos*. 3ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. Cap. 10.