

TP3. Apoio ao projeto 3: sockets

Pedro Ferreira

pmf@ciencias.ulisboa.pt

Departamento de Informática

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa



Alguns comandos úteis antes de começar

- ❑ netstat -ni
- ❑ ifconfig
- ❑ ping
- ❑ traceroute



Programação com sockets

Objectivo: construir aplicações cliente/servidor que comunicam usando sockets

Socket API

- ❑ Introduzido em 1981 para UNIX BSD4.1
- ❑ Criado, usado e libertado **explicitamente** pelas aplicações
- ❑ Paradigma cliente - servidor
- ❑ Dois tipos de serviço de transporte:
 - Com ligação: e.g., TCP
 - Sem ligação: e.g., UDP

socket

Interface *criada pela aplicação mas controlada pelo S.O.* (uma “porta”) através da qual os processos podem **enviar e receber** mensagens de/para outros processos

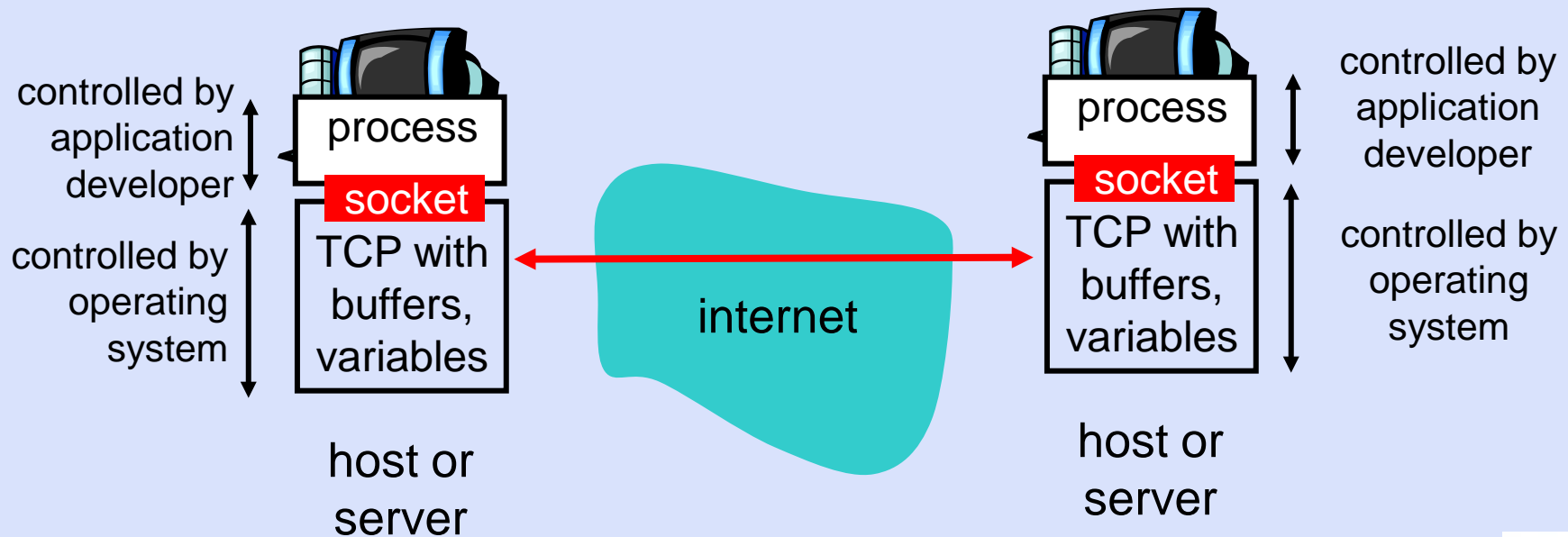


Sockets TCP

Socket: porta entre processos

Serviço TCP: : estabelece-se uma ligação antes da comunicação.

Geralmente oferece garantias de fiabilidade e os pacotes são recebidos na ordem em que são enviados (ordem FIFO).



Fonte: [Kurose2009]



Programação de sockets *com TCP*

O cliente deve contactar o servidor

- ❑ O processo servidor deve estar já em execução
- ❑ O servidor tem de criar um socket (*listening socket*) e ficar à espera do contacto do cliente

- ❑ Quando contactado pelo cliente, o **servidor TCP cria novo socket** (*connection socket*) para o processo servidor comunicar com o cliente
 - Permitindo que o servidor fale com múltiplos clientes

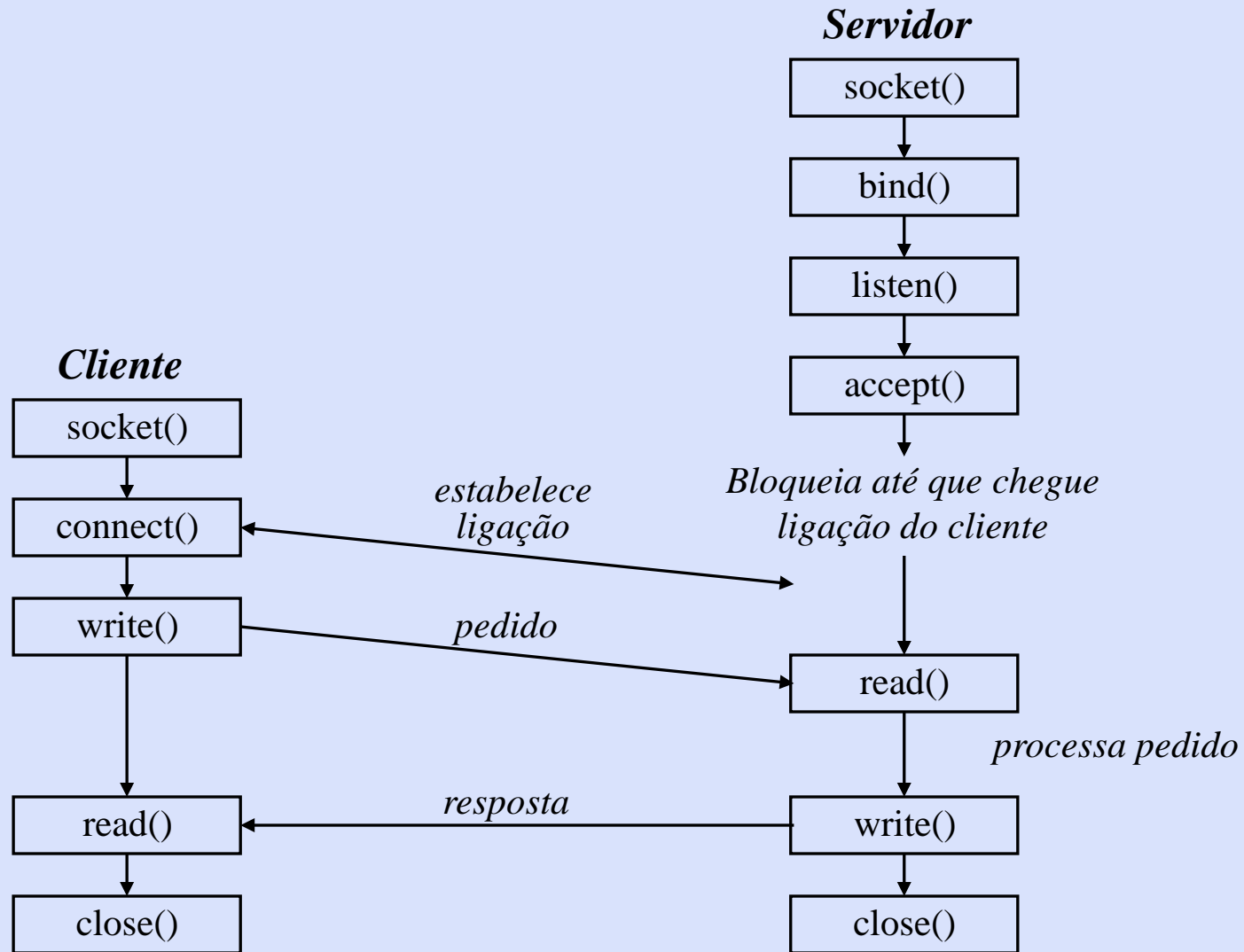
Como é que o cliente contacta o servidor?

- ❑ Cria socket TCP local
 - Especifica um endereço IP e o porto do processo servidor
- ❑ Quando o **cliente cria o socket** estabelece-se ligação TCP entre os dois (*3-way handshake*)

Do ponto de vista da aplicação:

TCP oferece um serviço fiável, transferindo bytes ordenadamente (como um “pipe”) entre cliente e servidor

Cliente-servidor com ligação (TCP)



EXEMPLO SERVIDOR TCP



```

/*
 * Programa servidor:
 *  Recebe uma string do cliente e envia o tamanho dessa string.
 *
 * Como compilar:
 *  gcc -Wall -g server.c -o server
 *
 * Como executar:
 *  server <porto_servidor>
 */

```

```

#include "inet.h"

```

```

int main(int argc, char **argv)
{

```

```

    int sockfd, connsockfd;
    struct sockaddr_in server, client;
    char str[MAX_MSG+1];
    int nbytes, count;;
    socklen_t size_client;

```

```

    // Verifica se foi passado algum argumento

```

```

    if (argc != 2){
        printf("Uso: ./server <porto_servidor>\n");
        printf("Exemplo de uso: ./server 12345\n");
        return -1;
    }

```

```

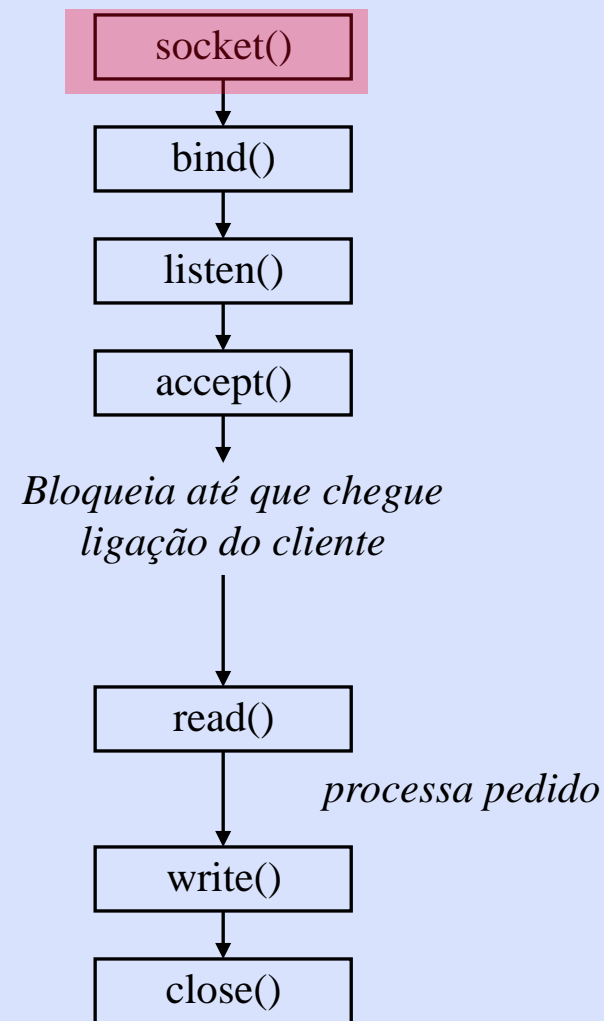
    // Cria socket TCP

```

```

    if ((sockfd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0 ) {
        perror("Erro ao criar socket");
        return -1;
    }

```




```
// Preenche estrutura server para bind
server.sin_family = AF_INET;
server.sin_port = htons(atoi(argv[1]));
server.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
```

```
// Faz bind
```

```
if (bind(sockfd, (struct sockaddr *) &server, sizeof(server)) < 0){
    perror("Erro ao fazer bind");
    close(sockfd);
    return -1;
};
```

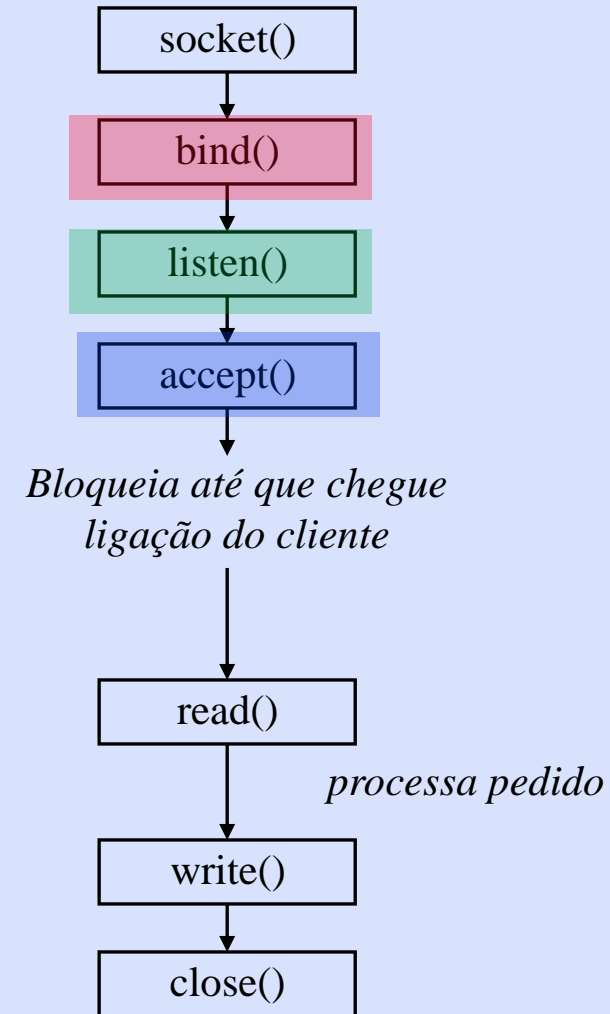
```
// Faz listen
```

```
if (listen(sockfd, 0) < 0){
    perror("Erro ao executar listen");
    close(sockfd);
    return -1;
};
```

```
printf("Servidor 'a espera de dados\n");
```

```
// Bloqueia a espera de pedidos de conexão
```

```
while ((connsockfd = accept(sockfd,(struct sockaddr *) &client, &size_client)) != -1) {
```



```
// Lê string enviada pelo cliente do socket referente a conexão
```

```
if((nbytes = read(connsockfd,str,MAX_MSG)) < 0){  
    perror("Erro ao receber dados do cliente");  
    close(connsockfd);  
    continue;  
}
```

```
// Coloca terminador de string  
str[nbytes] = '\0';
```

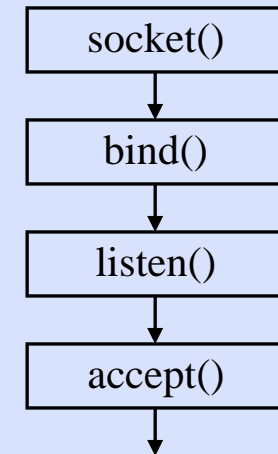
```
// Conta numero de caracteres  
count = strlen(str);
```

```
// Converte count para formato de rede  
count = htonl(count);
```

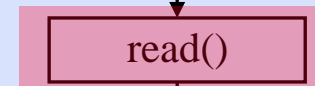
```
// Envia tamanho da string ao cliente através do socket referente a conexão  
if((nbytes = write(connsockfd,&count,sizeof(count))) != sizeof(count)){  
    perror("Erro ao enviar resposta ao cliente");  
    close(connsockfd);  
    continue;  
}
```

```
// Fecha socket referente a esta conexão  
close(connsockfd);  
}
```

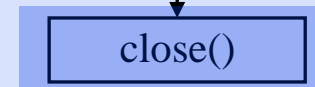
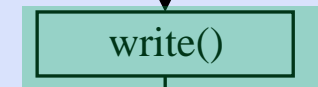
```
// Fecha socket  
close(sockfd);  
return 0;
```



*Bloqueia até que chegue
ligação do cliente*



processa pedido



EXEMPLO CLIENTE TCP



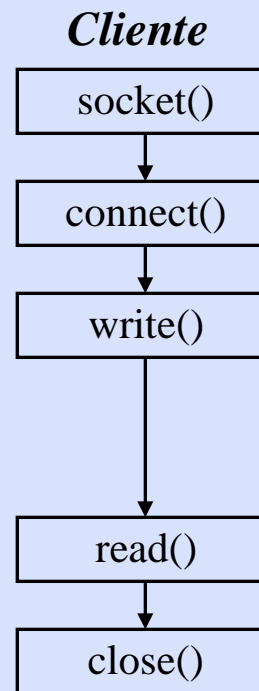
```
/*
 * Programa cliente:
 *  Envia uma string ao servidor, e recebe o tamanho dessa string.
 *
 * Como compilar:
 *  gcc -Wall -g client.c -o client
 *
 * Como executar:
 *  ./client <ip_servidor> <porto_servidor> <string>
 */
```

```
#include "inet.h"
#include <errno.h>

int testInput(int argc)
{
    if (argc != 4){
        printf("Uso: ./client <ip_servidor> <porto_servidor> <string>\n");
        printf("Exemplo de uso: ./client 127.0.0.1 12345 olacomovais\n");
        return -1;
    }

    return 0;
}
```

```
int main(int argc, char **argv){
    int sockfd;
    struct sockaddr_in server;
    char str[MAX_MSG];
    int count, nbytes;
```



```
// Verifica se foi passado algum argumento
if (testInput(argc) < 0) return -1;

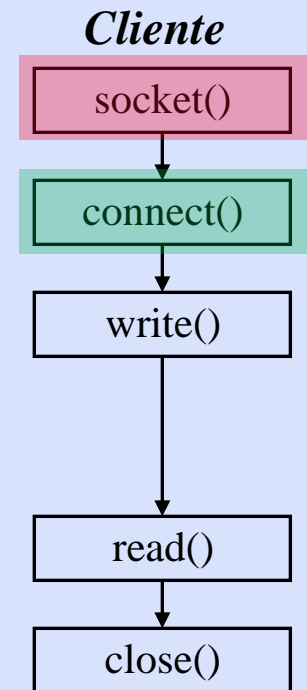
// Copia os primeiros MAX_MSG-1 bytes da string passada como argumento
strncpy(str, argv[3], MAX_MSG-1);

// Garante que a string tem terminacao
str[MAX_MSG-1] = '\0';

// Cria socket TCP
if ((sockfd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0) {
    perror("Erro ao criar socket TCP");
    return -1;
}

// Preenche estrutura server para estabelecer conexão
server.sin_family = AF_INET;
server.sin_port = htons(atoi(argv[2]));
if (inet_pton(AF_INET, argv[1], &server.sin_addr) < 1) {
    printf("Erro ao converter IP\n");
    close(sockfd);
    return -1;
}

// Estabelece conexão com o servidor definido em server
if (connect(sockfd, (struct sockaddr *)&server, sizeof(server)) < 0) {
    perror("Erro ao conectar-se ao servidor");
    close(sockfd);
    return -1;
}
```



```
// Envia string
if((nbytes = write(sockfd,str,strlen(str))) != strlen(str)){
    perror("Erro ao enviar dados ao servidor");
    close(sockfd);
    return -1;
}
```

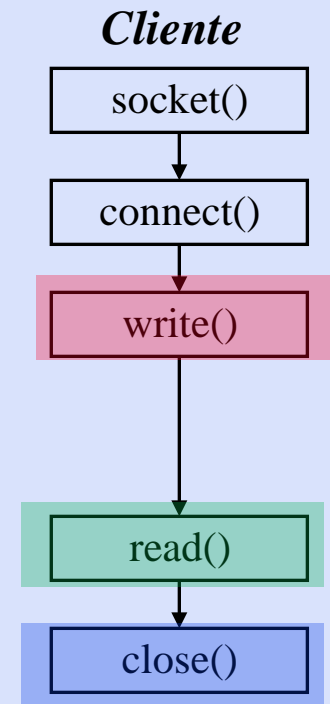
```
printf("A espera de resposta do servidor ...\n");
```

```
// Recebe tamanho da string
if((nbytes = read(sockfd,&count,sizeof(count))) != sizeof(count)){
    perror("Erro ao receber dados do servidor");
    close(sockfd);
    return -1;
};
```

```
printf("O tamanho da string e' %d!\n", ntohl(count));
```

```
// Fecha o socket
close(sockfd);
return 0;
```

```
}
```



“inet.h”

```
#include <sys/socket.h>
#include <sys/types.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <netinet/in.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
```

```
//tamanho maximo da mensagem enviada pelo cliente
#define MAX_MSG 2048
```

EXECUÇÃO



Terminal 1 - Servidor

```
fvrmos@fvrmos-virtualbox:~/workspace/StringCount$ gcc -Wall -g server.c -o server
```

```
fvrmos@fvrmos-virtualbox:~/workspace/StringCount$ ./server 5000
```

Servidor 'a espera de dados

Terminal 2 - Cliente

```
fvrmos@fvrmos-virtualbox:~/workspace/StringCount$ gcc -Wall -g client.c -o client
```

```
fvrmos@fvrmos-virtualbox:~/workspace/StringCount$ ./client
```

Uso: ./client <ip_servidor> <porto_servidor> <string>

Exemplo de uso: ./client 127.0.0.1 12345 olacomovais

```
fvrmos@fvrmos-virtualbox:~/workspace/StringCount$ ./client 127.0.0.1 4000 Ola
```

Erro ao conectar-se ao servidor: Connection refused

```
fvrmos@fvrmos-virtualbox:~/workspace/StringCount$ ./client 127.0.0.1 5000 Ola
```

'A espera de resposta do servidor ...

O tamanho da string e' 3!

Especificação de endereços: Internet

- ❑ ***struct in_addr***: estrutura com um endereço Internet (4 bytes)

```
#include<netinet/in.h>

struct in_addr {
    uint32_t s_addr;      /* Endereço IP, formato rede */
};
```

- ❑ ***struct sockaddr_in***: endereço para a família de protocolos Internet

exemplo

```
#include<netinet/in.h>

struct sockaddr_in {
    uint8_t      sin_len;      /* Compr. Não existe no Linux */
    sa_family_t  sin_family;   /* AF_INET */
    in_port_t     sin_port;     /* porto, formato rede */
    struct in_addr sin_addr;    /* endereço IP, formato rede */
    char          sin_zero[8]; /* Não usado */
};
```

```
server.sin_family = AF_INET;
server.sin_port = htons(atoi(argv[2]));
if (inet_pton(AF_INET, argv[1], &server.sin_addr) < 1) {
```



Outras especificação dos endereços para sockets

- ❑ ***struct sockaddr***: estrutura genérica para todas as famílias protocolos

```
#include<sys/socket.h>

struct sockaddr {
    uint8_t sa_len;           /* Comprimento (opcional) */
    sa_family_t sa_family;    /* AF_XXX */
    char sa_data[14];         /* Específica por protocolo
    */
};
```

exemplo

```
if (connect(sockfd, (struct sockaddr *)&server, sizeof(server)) < 0)
```

- ❑ ***struct sockaddr_un***: endereço para a família de protocolos domínio Unix

```
#include<sys/un.h>

struct sockaddr_un {
    uint8_t sun_len;          /* Compr. Não existe no Linux
    */
    sa_family_t sun_family;    /* AF_LOCAL */
    char sun_path[104];        /* endereço Unix é um
    pathname */
};
```

© 2013 Fernando Ramos, Alysso Bessani, Nuno Neves, Pedro Ferreira. Reprodução proibida sem autorização prévia.



Especificação de Endereços: Internet/IPv6

- ❑ ***struct in6_addr*** : estrutura com um endereço Internet para IPv6

```
#include<netinet/in.h>

struct in6_addr {
    uint8_t s6_addr[16];    /* Endereço IPv6 de 128 bits */
                           /* em network byte order */
};
```

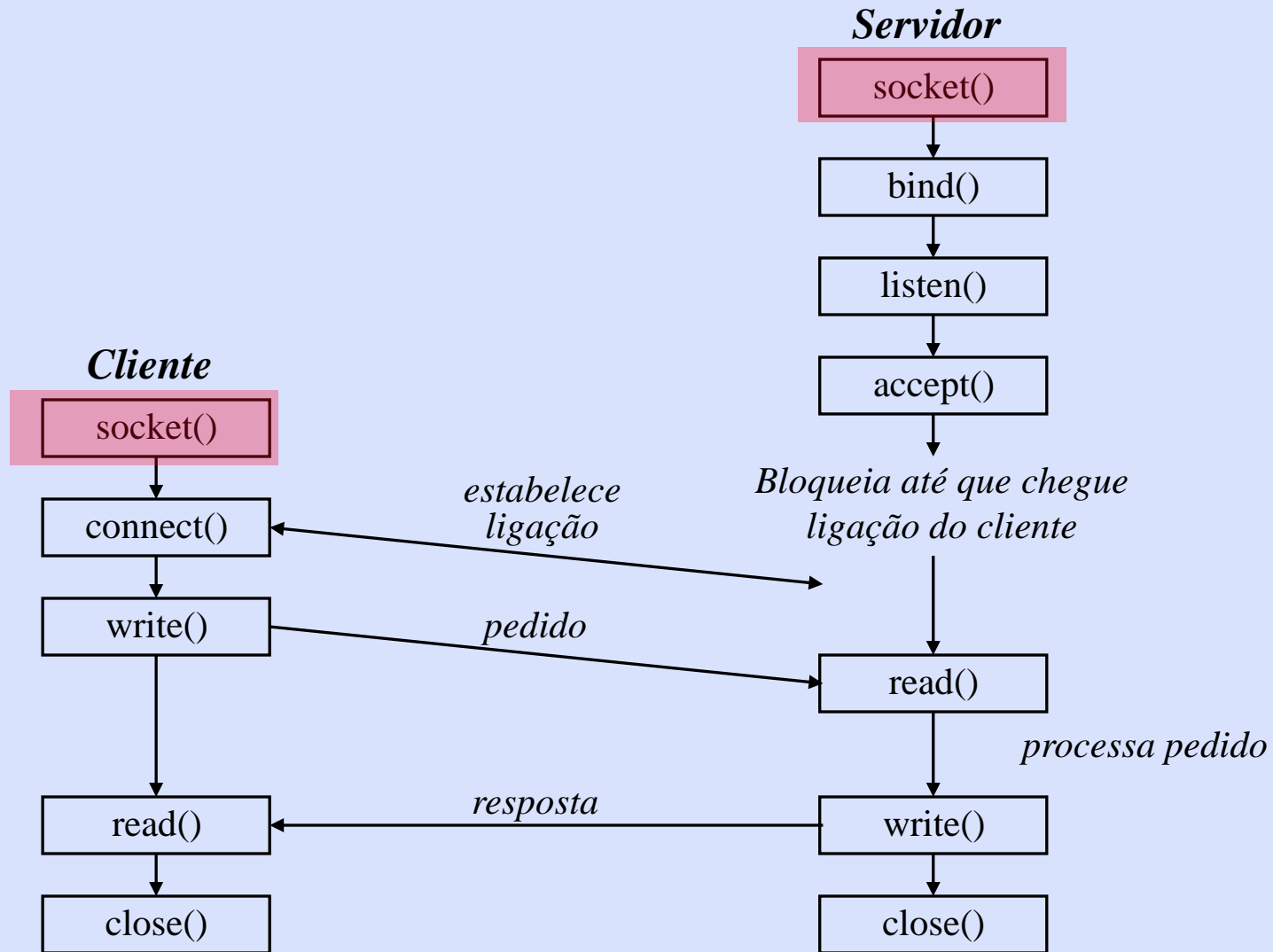
- ❑ ***struct sockaddr_in6*** : endereço para a família de protocolos Internet para IPv6

```
#include<netinet/in.h>

struct sockaddr_in6 {
    uint8_t sin6_len;
    sa_family_t sin6_family;    /* AF_INET6 */
    in_port_t sin6_port;        /* Transport layer port # */
    uint32_t sin6_flowinfo;     /* IPv6 flow information */
    struct in6_addr sin6_addr;  /* IPv6 address */
};
```



Função *socket()*



Função *socket()* (cont.)

- ❑ ***socket()*** : cria uma socket e retorna um descritor para o socket

exemplo

```
#include <sys/socket.h>
```

```
if ((sockfd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0 ) {
```

```
int socket(int family, int type, int protocol);
```

Famílias de protocolos (**AF** - **Address Family**):

AF_INET	protocolos IPv4
AF_INET6	protocolos IPv6
AF_LOCAL	protocolos do domínio Unix (AF_UNIX no passado)
AF_ROUTE	protocolos de encaminhamento
AF_KEY	socket key

Tipo:

SOCK_STREAM	socket com-ligação, <i>stream</i> de bytes
SOCK_DGRAM	socket sem-ligação
SOCK_RAW	socket <i>raw</i>



Função *socket()* (cont.)

Combinações válidas:

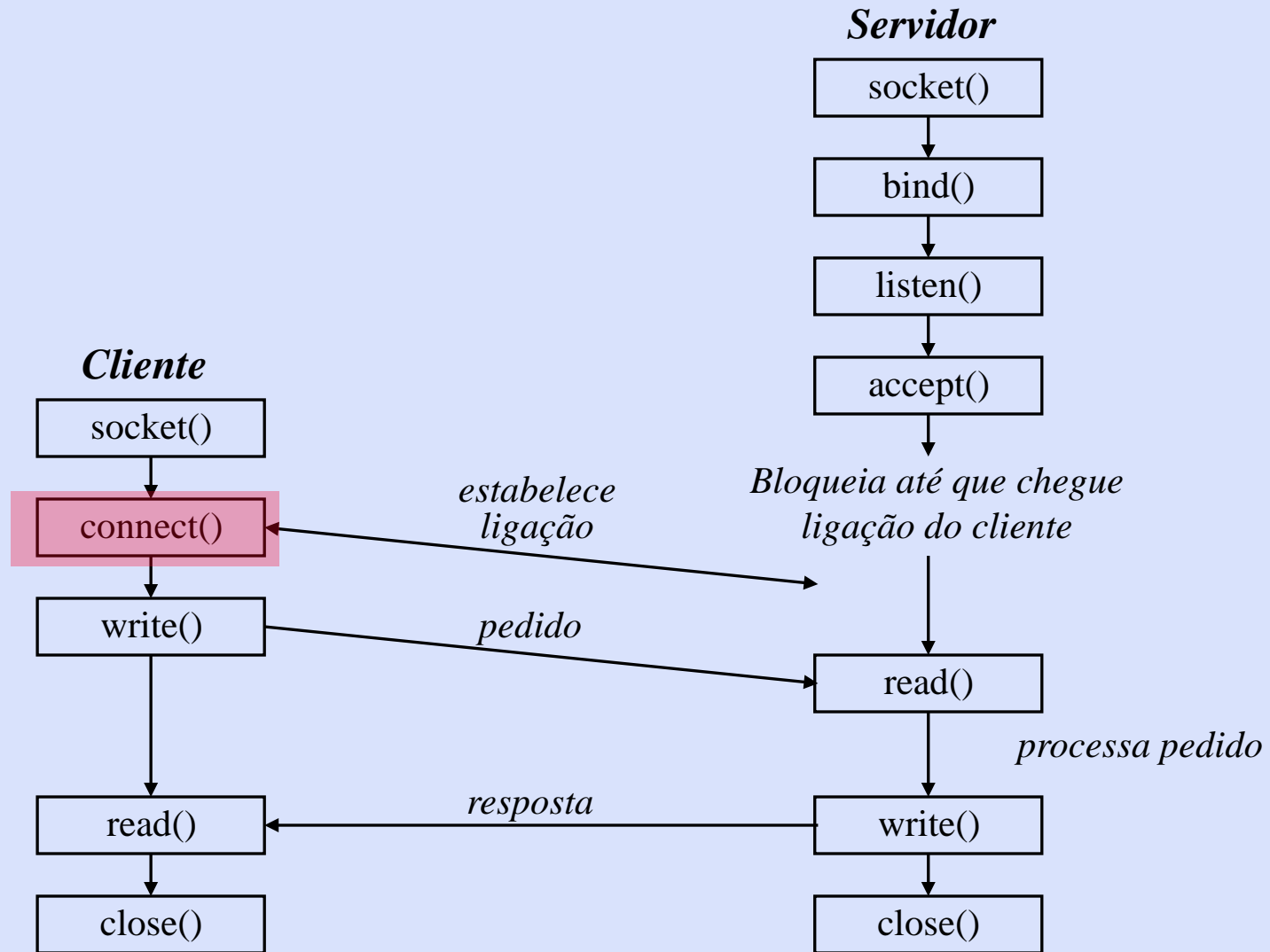
	AF_INET	AF_INET6	AF_LOCAL	AF_ROUTE	AF_KEY
SOCK_STREAM	TCP	TCP	Sim		
SOCK_DGRAM	UDP	UDP	Sim		
SOCK_RAW	IPv4	IPv6		Sim	Sim

Protocolo: tipicamente colocado a 0.
`#include <netinet/in.h>`

Família	Tipo	Protocolo	Designação
AF_INET	SOCK_DGRAM	IPPROTO_UDP	UDP
AF_INET	SOCK_STREAM	IPPROTO_TCP	TCP
AF_INET	SOCK_RAW	IPPROTO_ICMP	ICMPv4
AF_INET	SOCK_RAW	IPPROTO_RAW	IP
AF_INET6	SOCK_RAW	IPPROTO_ICMP6	ICMPv6



Função *connect()*



Função *connect()* (cont.)

- ❑ ***connect()*** : pedido de estabelecimento de uma ligação (cliente).

```
#include <sys/types.h>
```

```
#include <sys/socket.h>
```

```
int connect(int sockfd, struct sockaddr *serv_addr,  
             socklen_t addrlen);
```

←
typedef unsigned int socklen_t;

- ❑ Devolve: 0 se OK, -1 em caso de erro

exemplo

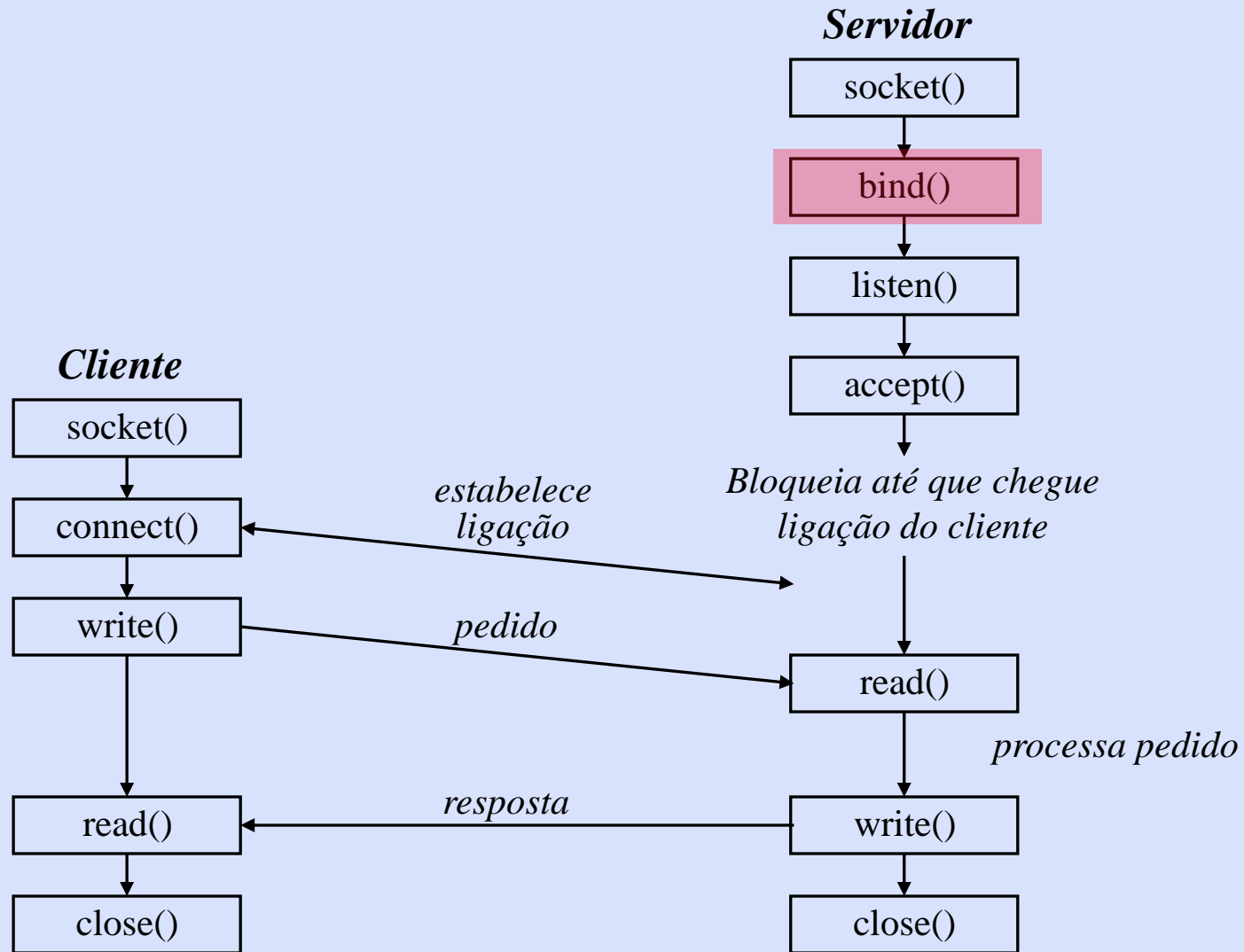
```
if (connect(sockfd, (struct sockaddr *)&server, sizeof(server)) < 0)
```

- ❑ Notas :

- num protocolo com ligação, o cliente não precisa de chamar *bind()* antes de fazer *connect()* porque o *connect()* atribuí-lhe o endereço local automaticamente



Função *bind()*



Função *bind()* (cont.)

- ❑ ***bind()***: associa um endereço local a um *socket*

```
#include <sys/types.h>
```

```
#include <sys/socket.h>
```

```
int bind(int sockfd, const struct sockaddr *my_addr,  
         socklen_t addrlen);
```

exemplo

```
server.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
```

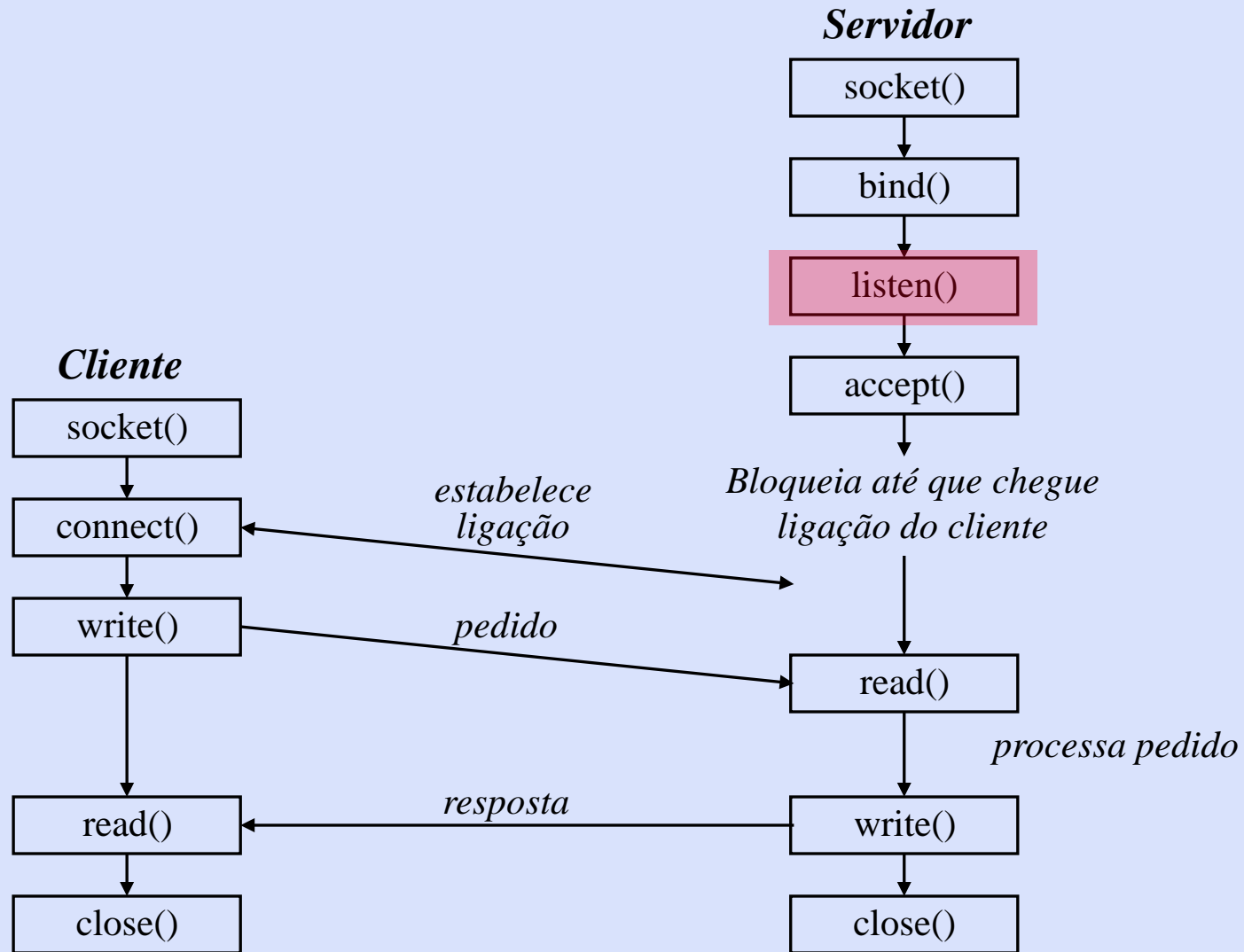
```
...
```

```
if (bind(sockfd, (struct sockaddr *) &server, sizeof(server)) < 0)
```

- ❑ Devolve: 0 se OK, -1 em caso de erro



Função *listen()*



Função *listen()* (cont.)

- ❑ *listen()* : indica a intenção de aceitar ligações e o número máximo de ligações em espera.

```
#include <sys/socket.h>
```

exemplo

```
if (listen(sockfd, 0) < 0)
```

```
int listen(int sockfd, int backlog);
```

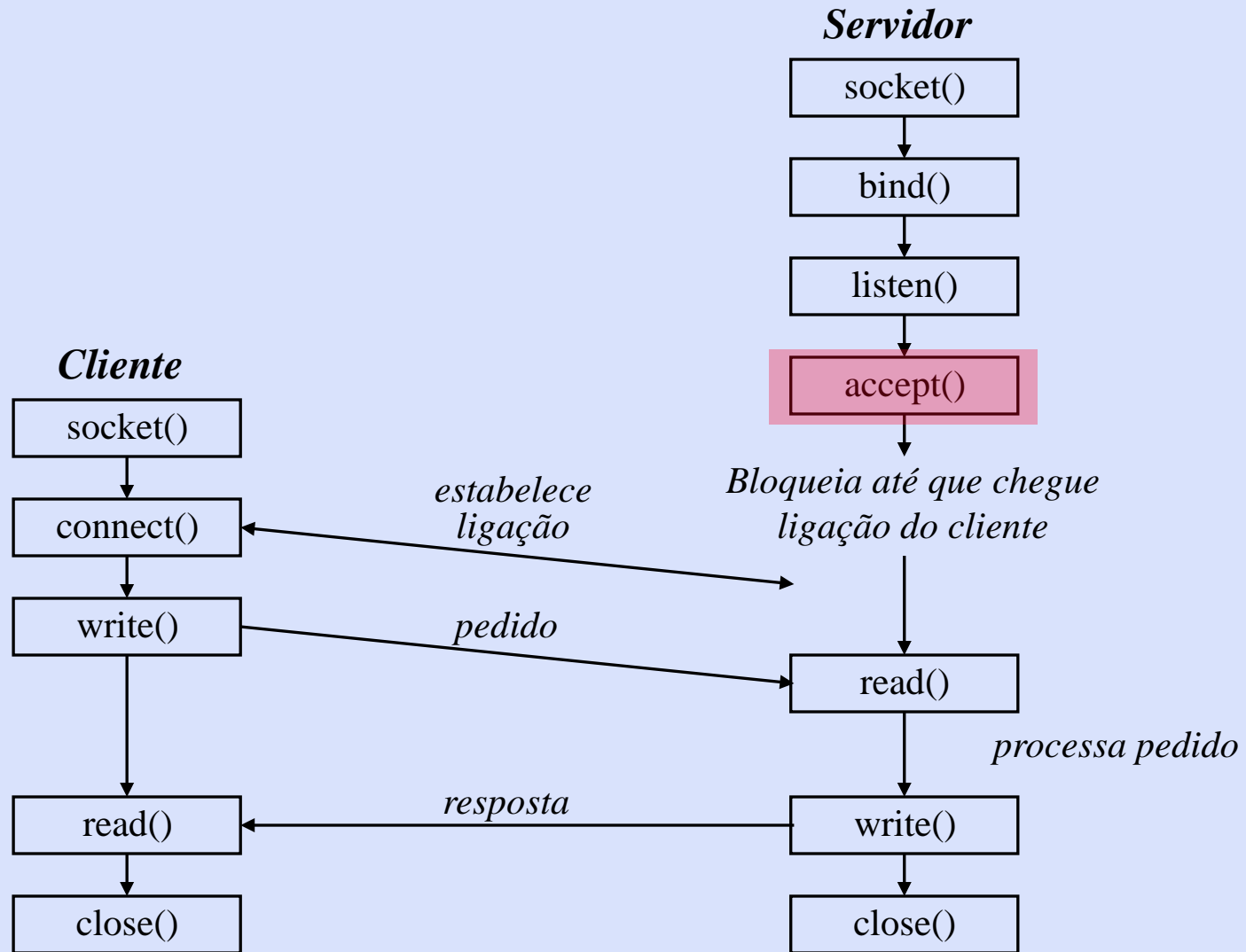
backlog: nº máximo de ligações pendentes. Dependendo da implementação pode ser o número de ligações para as quais ainda não terminou o *three-way handshake* do TCP iniciado por um cliente, ou o número de ligações estabelecidas para as quais não se fez `accept()`.

» limitado por `SO_MAXCONN` (128 em Linux, 5 em BSD)

- ❑ Devolve: 0 se OK, -1 em caso de erro



Função *accept()*



Função *accept()* (cont.)

- ❑ ***accept()*** : aceita uma das ligações em espera e cria uma nova socket com as mesmas características que *sockfd*. Se não existir nenhuma ligação pendente, o processo fica bloqueado.

exemplo

```
while ((connsockfd = accept(sockfd, (struct sockaddr *)&client, &size_client)) != -1) {
```

```
#include <sys/types.h>
```

```
#include <sys/socket.h>
```

```
int accept(int sockfd, struct sockaddr *addr, socklen_t  
    *addrlen);
```

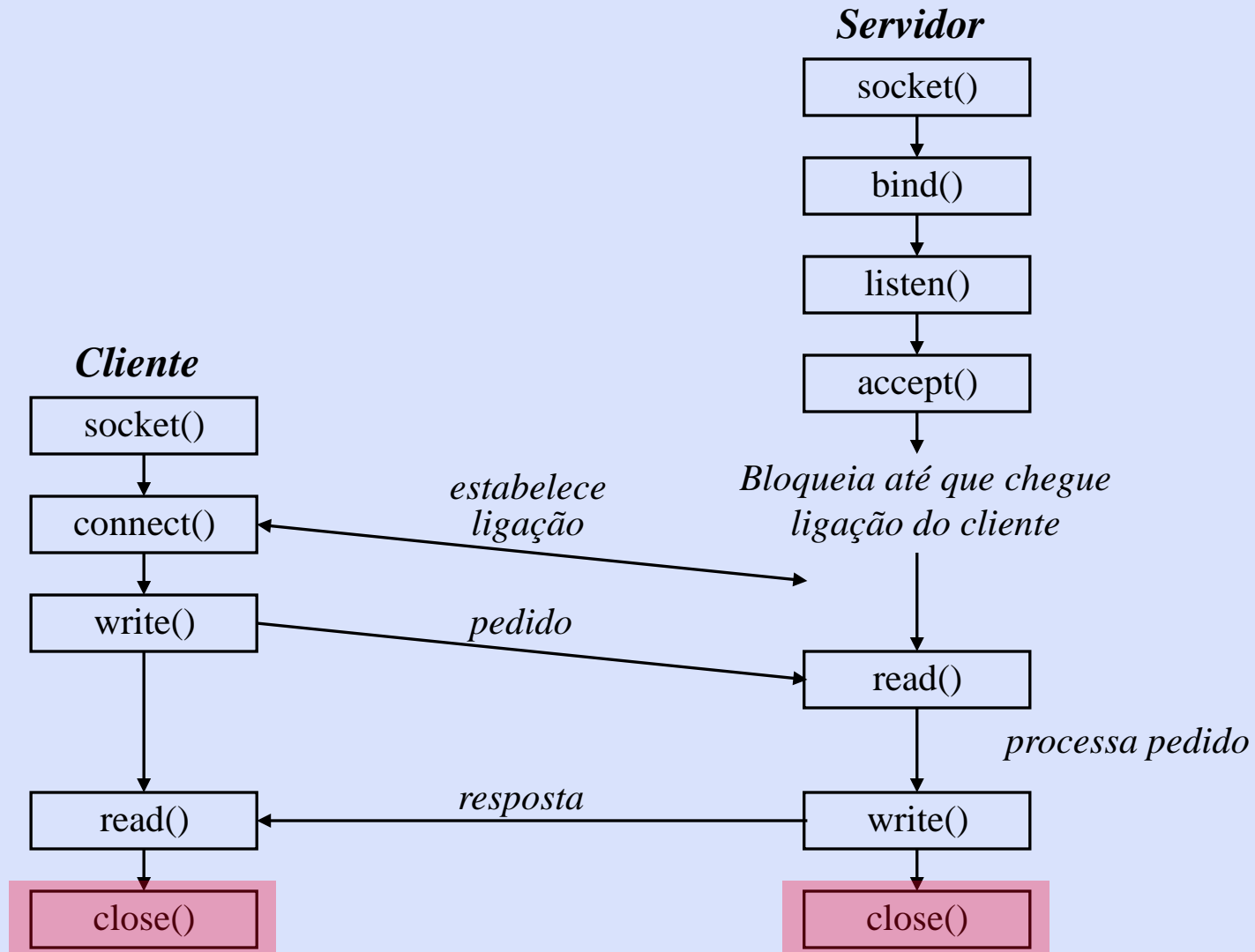
`addr` : endereço do interlocutor

`addrlen`: iniciado com o tamanho de `addr`, e retorna o tamanho do endereço

- ❑ Devolve: o descritor da nova socket ou -1 em caso de erro



Função *close()*



Funções *close()* / *shutdown()* (cont.)

- ❑ ***close()*** : fecha um socket. O S.O. nos protocolos com garantias de fiabilidade tenta enviar os dados que ainda não tenham sido transmitidos ou *ack*.

```
#include <unistd.h>
```

```
int close(int sockfd);
```

exemplo

```
close(sockfd);
```

- ❑ ***shutdown()*** : maior controlo ao fechar o socket

```
#include <sys/socket.h>
```

```
int shutdown(int sockfd, int howto);
```

howto :

SHUT_RD (0): impossibilita recepção

SHUT_WR (1): impossibilita envio

SHUT_RDWR (2): impossibilita envio e recepção

- ❑ Devolvem: 0 se OK, -1 em caso de erro



Resumo da criação de uma associação

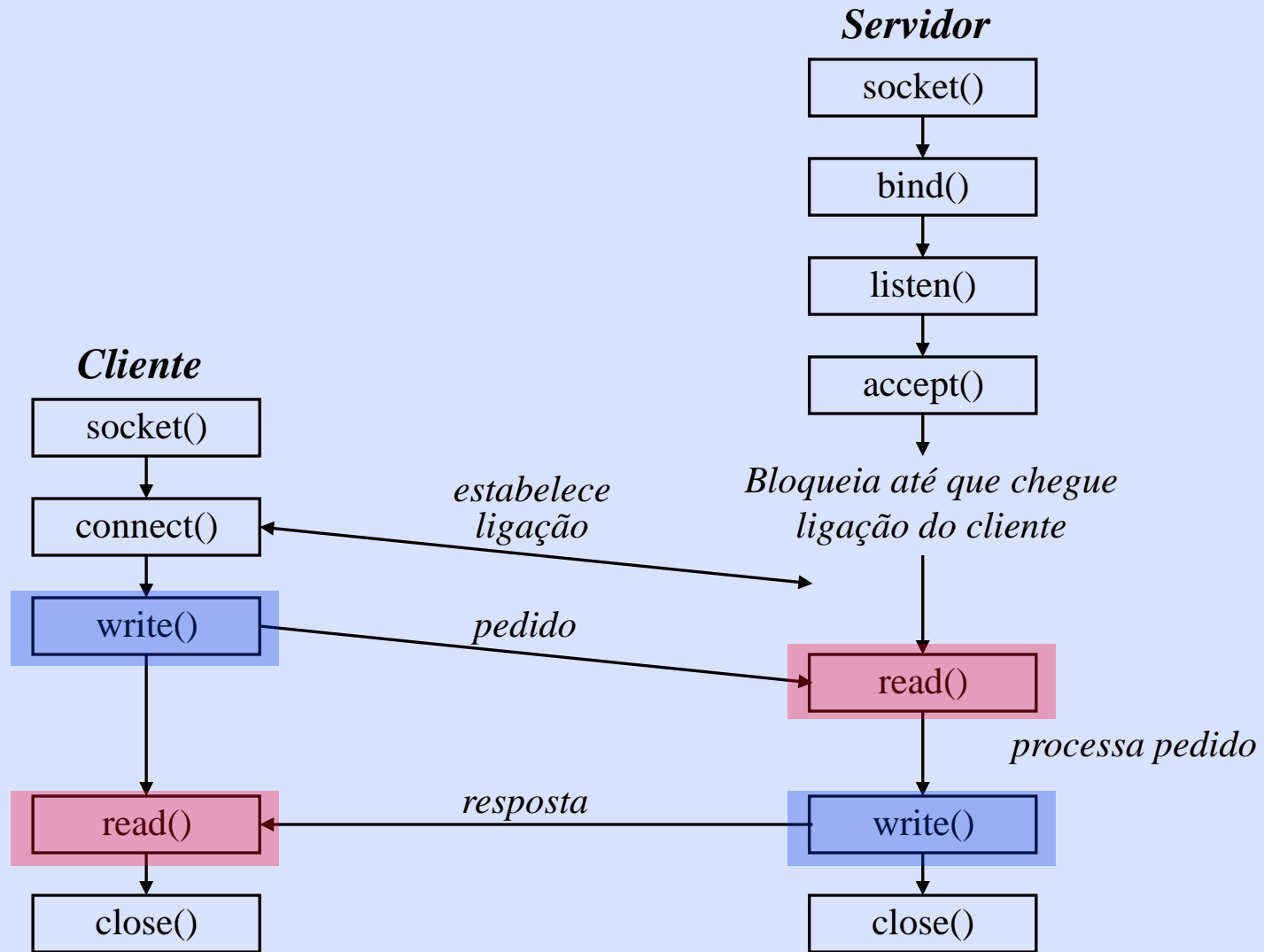
❑ Associação

{protocolo, endereço-local, proc-id-local, endereço-remoto, proc-id-remoto}

	protocolo	endereço-local & proc-id-local	endereço-remoto & proc-id-remoto
servidor com-ligação	<i>socket()</i>	<i>bind()</i>	<i>listen(), accept()</i>
cliente com-ligação	<i>socket()</i>	<i>connect()</i>	
servidor sem-ligação	<i>socket()</i>	<i>bind()</i>	<i>recvfrom()</i>
cliente sem-ligação	<i>socket()</i>	<i>bind()</i>	<i>sendto()</i>



Funções *read()* e *write()*



Funções *read()* / *write()*

- ❑ As operações de leitura e escrita em *sockets* podem também ser realizadas usando as funções padrão da API do UNIX - *read* e *write* – da mesma forma que estas são usadas com ficheiros

- ❑ *read()* / *write()* : leitura e escrita com *buffers* contínuos

exemplo

```
if((nbytes = write(sockfd,str,strlen(str))) != strlen(str)){  
...  
if((nbytes = read(sockfd,&count,sizeof(count))) != sizeof(count)){
```

```
#include <unistd.h>
```

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

- ❑ Devolvem: número de bytes lidos ou escritos ou -1 em caso de erro.
- ❑ Obs: `size_t` e `ssize_t` são inteiros



Funções *send()* / *recv()*

- ❑ *send()* / *recv()* : envio ou recepção de mensagens, normalmente para sockets com ligação. Bloqueiam até que o *buf* de emissão tenha espaço livre (*send*) ou até terem sido recebidos dados (*recv*).

```
#include <sys/types.h>
```

```
#include <sys/socket.h>
```

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

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

flags : iguais a zero ou o *or* destas (e de outras) constantes:

MSG_OOB : dados urgentes (canais com ligação)

MSG_PEEK : lê uns dados sem os retirar da fila (*recv*)

MSG_DONTROUTE : evita o encaminhamento normal (*send*)

- ❑ Devolve: o número de bytes lidos/recebidos ou -1 em caso de erro



Funções *sendto()* / *recvfrom()*

- ❑ *sendto()* / *recvfrom()* : Envio ou recepção de mensagens com indicação do destinatário ou emissor. Bloqueiam até que o *buf* de emissão tenha espaço livre (*send*) ou até terem sido recebidos dados (*recv*).

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
```

<code>size_t</code> : 32 bits ou 64 bits, conforme a arquitectura da máquina

```
int sendto(int sockfd, void *msg, size_t len, int flags,  
           struct sockaddr *to, socklen_t tolen);
```

```
int recvfrom(int sockfd, void *buf, size_t len, int flags,  
            struct sockaddr *from, socklen_t *fromlen);
```

- ❑ Devolve: o número de bytes enviados/recebidos ou -1 em caso de erro



Funções *sendto()* / *recvfrom()* (cont.)

Argumentos:

to : indica o destinatário da mensagem

from: endereço do emissor ou pode ser NULL

*to**len*/*from**len*: tamanho dos endereços (em que o *from**len* começa por ter o tamanho da estrutura *from*, e depois vem com o valor que foi realmente preenchido)

flags : iguais a zero ou o *bitwise or* das seguintes constantes:

MSG_PEEK: lê uns dados sem os retirar da fila (*recvfrom*)

MSG_DONTROUTE: evita os mecanismos normais de encaminhamento (*sendto*)



Resumo das Funções de Escrita/Leitura

Ver man
pages

<i>Operação</i>	<i>Todos tipos de descriç.</i>	<i>Só de sockets</i>	<i>Só um buffer</i>	<i>Scatter / gather</i>	<i>Tem flags</i>	<i>Tem endereço da outra parte</i>	<i>Tem direitos de acesso</i>
read, write	*		*				
readv, writev	*			*			
recv, send		*	*		*		
recvfrom, sendto		*	*		*	*	
recvmsg, sendmsg		*		*	*	*	*

Ver man
pages



Portos

❑ Reserva de portos

- *pelo processo*: o processo especifica um endereço com um dado porto (usado tipicamente por servidores que querem associar uma socket a um endereço bem conhecido)
- *pelo sistema*: se o processo não indica o porto (quando faz **bind()** coloca o porto a 0) o sistema automaticamente associa um porto à socket

Reservados : 1-1023

Dinâmicos: 49152-65535

Livres : o resto ☺

ftp:	21/tcp
telnet:	23/tcp
smtp:	25/tcp
domain(DNS):	53/tcp/udp
http:	80/tcp
nnntp:	119/tcp



Funções de conversão de dados

- ❑ **htonl() / htons()** : converte do formato da máquina um long/short para o formato standard da rede
- ❑ **ntohl() / ntohs()** : converte de formato standard da rede um long/short para o formato da máquina

exemplo

```
server.sin_port = htons(atoi(argv[1]));  
server.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
```

```
#include <netinet/in.h>
```

```
uint16_t htons(uint16_t host16bitvalue);
```

```
uint32_t htonl(uint32_t host32bitvalue);
```

- ❑ Devolvem: valor no formato da rede

```
uint16_t ntohs(uint16_t host16bitvalue);
```

```
uint32_t ntohl(uint32_t host32bitvalue);
```

- ❑ Devolvem: valor no formato do computador



Funções de conversão de endereços

❑ Funções *inet_pton()* e *inet_ntop()*

- Funcionam, quer para o IPv4, quer para o IPv6
- *inet_pton()* converte de uma *string* (a.b.c.d no IPv4 ou x:x:x:x:x:a.b.c.d ou x:x:x:x:x:x:x:x no IPv6) para um endereço na estrutura `struct in_addr` ou `struct in6_addr`, conforme o caso.
- *inet_ntop()* faz o contrário

exemplo

```
if (inet_pton(AF_INET, argv[1], &server.sin_addr) < 1) {
```

```
int inet_pton(int family, const char *strptr, void *addrptr);
```

- ❑ Devolve: 1 se OK, 0 se a entrada não é um formato de apresentação válida, -1 em caso de erro

```
char *inet_ntop(int family, const void *addrptr, char *strptr,  
                size_t len);
```

- ❑ Devolve: ponteiro para o resultado se OK, NULL em caso de erro



Erros

- ❑ (Quase) todas as funções podem falhar
 - É importante verificar todos os erros possíveis
 - Típicamente, devolvem -1 (int) para indicar um erro (ou ponteiro NULL em alguns casos)

- ❑ Em caso de erro:
 - errno: inteiro global com código de erro
 - » Cada thread tem o seu errno (valor de retorno das funções Pthread)
 - perror (): função para imprimir descrição textual do erro
 - Sem erro, o valor de errno é indefinido

- ❑ errno.h define constantes para os códigos de erro

- ❑ Erros “especiais” não indicam erro: o **programa pode (e deve) repetir a função**:
 - EINTR (se usar sinais)
 - EWOULDBLOCK (em operações de I/O não bloqueante)



Tipos de erros relacionados com sockets

☐ EACCES

Permissão para criar socket desse tipo negada.

☐ EAFNOSUPPORT

A implementação não suporta essa família de endereços

☐ EINVAL

Passagem de argumento inválido para uma função.

☐ EMFILE

Já estão muitos ficheiros abertos no processo. Não se podem abrir mais.

☐ ENFILE

Já estão muitos ficheiros abertos no sistema. Não se podem abrir mais.

☐ ENOBUFS ou ENOMEM

Memória insuficiente. Socket não pode ser criado.

☐ EPROTONOSUPPORT

O protocolo não é suportado.



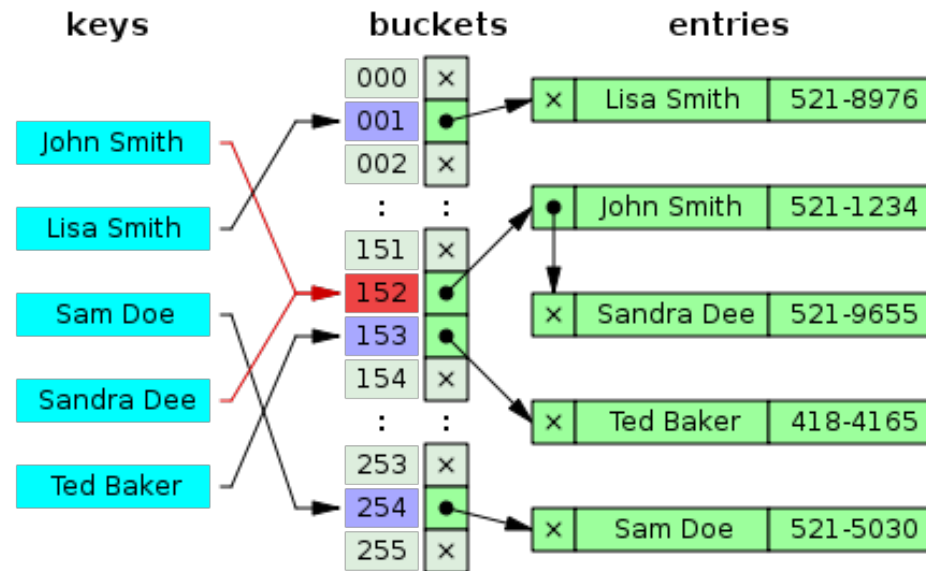
Exemplo

```
int write_all(int sock, char *buf, int len) {  
    int bufsz = len;  
    while(len>0) {  
        int res = write(sock, buf, len);  
        if(res<0) {  
            if(errno==EINTR) continue;  
            perror("write failed:");  
            return res;  
        }  
        buf += res;  
        len -= res;  
    }  
    return bufsz;  
}
```



Revisitando o projeto 1 e 2: tabela *hash* com *chaining*

- ❑ Objectivo: Espaço de tuplos através de tabela hash com chaining.
(Armazenamento de pares chave-valor similar ao utilizado pela Amazon [DeCandia2007])
 - Estrutura de dados: **tabela *hash* com chaining**.



Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Hash_table



Revisitando o projeto 2: *marshalling* e *unmarshalling*



```
struct message_t {  
    short opcode; /* código da operação na mensagem */  
    short c_type; /* tipo do content da mensagem */  
    union content_u {  
        struct entry_t *entry;  
        char *key;  
        char **keys;  
        struct data_t *value;  
        int result;  
    } content; /* conteúdo da mensagem */  
};
```

message_to_buffer()

buffer_to_message()

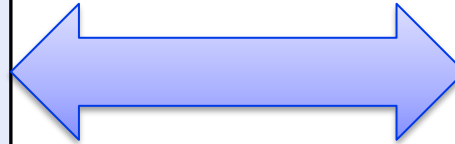


Projeto 3: aplicação cliente-servidor

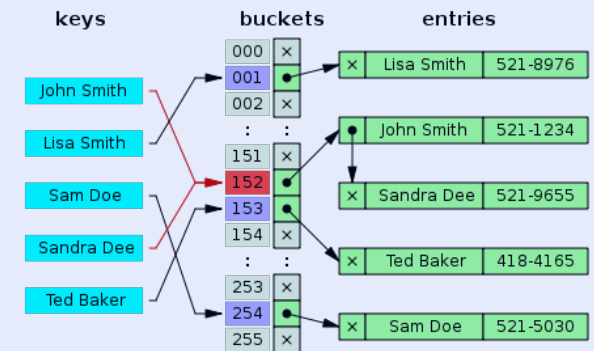
CLIENTE



```
OUT AB CD EF
IN A * *
COPY_ALL * * *
IN_ALL A * *
Size
quit
```



SERVIDOR



Projeto 3: aplicação cliente-servidor

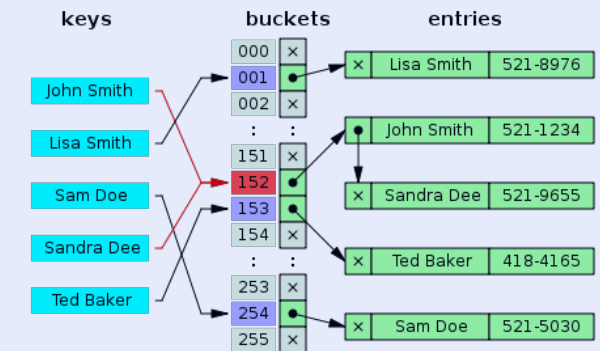
CLIENTE



“10 100 3 AB CD EF”

```
OUT AB CD EF
IN A * *
COPY_ALL * * *
IN_ALL A * *
Size
quit
```

SERVIDOR

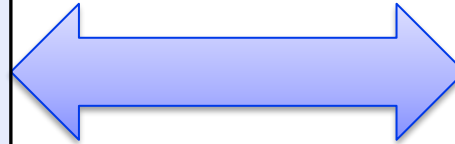


Projeto 3: aplicação cliente-servidor

CLIENTE



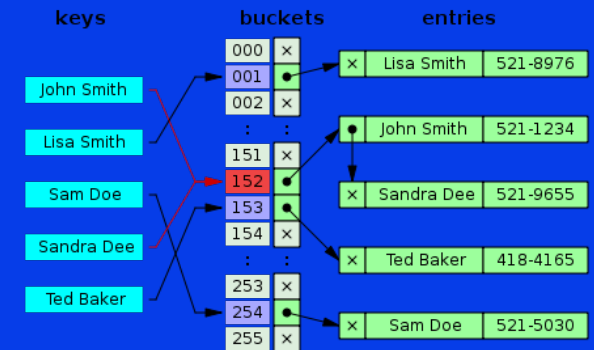
```
OUT AB CD EF
IN A * *
COPY_ALL * * *
IN_ALL A * *
Size
quit
```



SERVIDOR



“10 100 3 AB CD EF”

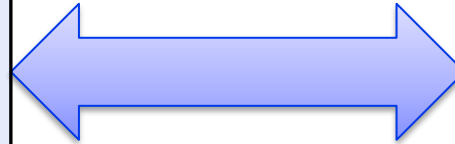


Projeto 3: aplicação cliente-servidor

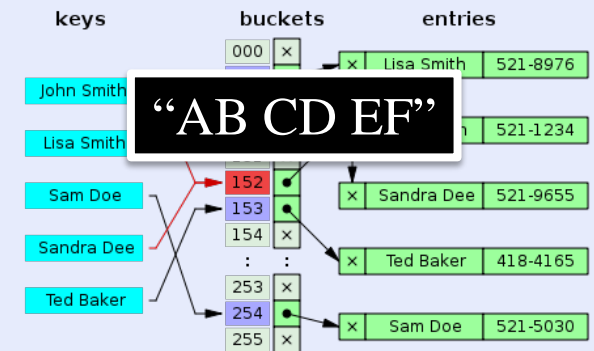
CLIENTE



```
OUT AB CD EF
IN A * *
COPY_ALL * * *
IN_ALL A * *
Size
quit
```



SERVIDOR



Projeto 3: aplicação cliente-servidor

CLIENTE



```
OUT AB CD EF
IN A * *
COPY_ALL * * *
IN_ALL A * *
Size
quit
```

SERVIDOR



“11 300 2”

keys	buckets	entries
	000 x	x Lisa Smith 521-8976
John Smith		
Lisa Smith		x 521-1234
	152 x	x Sandra Dee 521-9655
Sam Doe	153 x	
Sandra Dee	154 x	x Ted Baker 418-4165
	:	
Ted Baker	253 x	
	254 x	x Sam Doe 521-5030
	255 x	

“AB CD EF”



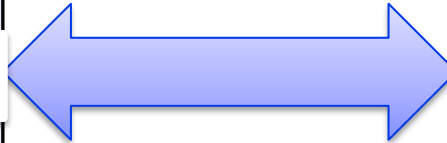
Projeto 3: aplicação cliente-servidor

CLIENTE

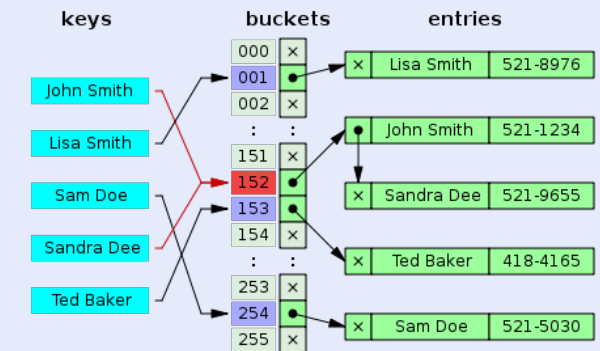


“11 300 2”

```
OUT AB CD EF
IN A * *
COPY_ALL * * *
IN_ALL A * *
Size
quit
```



SERVIDOR



Definição do OPCODE e C_TYPE

COMANDO CLIENTE	OPCODE PEDIDO	OPCODE RESPOSTA	C_TYPE PEDIDO	CT_TYPE RESPOSTA
OUT	OC_OUT	OC_OUT+1	CT_TUPLE	CT_RESULT
IN	OC_IN	OC_IN+1	CT_TUPLE	CT_RESULT
IN_ALL	OC_IN	OC_IN_ALL+1	CT_TUPLE	CT_RESULT
COPY	OC_COPY	OC_COPY+1	CT_TUPLE	CT_RESULT
COPY_ALL	OC_COPY_ALL	OC_COPY_ALL+1	CT_TUPLE	CT_RESULT
SIZE	OC_SIZE	OCSIZE+1	-	CT_RESULT
quit	-	-	-	-

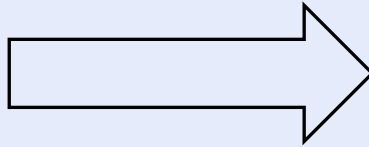


Cliente em mais detalhe...

`table_client.c`



`main()`



`network_client.c`



`network_connect()`
`network_send_receive()`
`network_close()`

*Interface com o utilizador, construção de
`struct message_t` para enviar ao módulo
de comunicação*

*Serializa mensagem (usando
`message_to_buffer()`), envia
ao servidor, espera por resposta.*

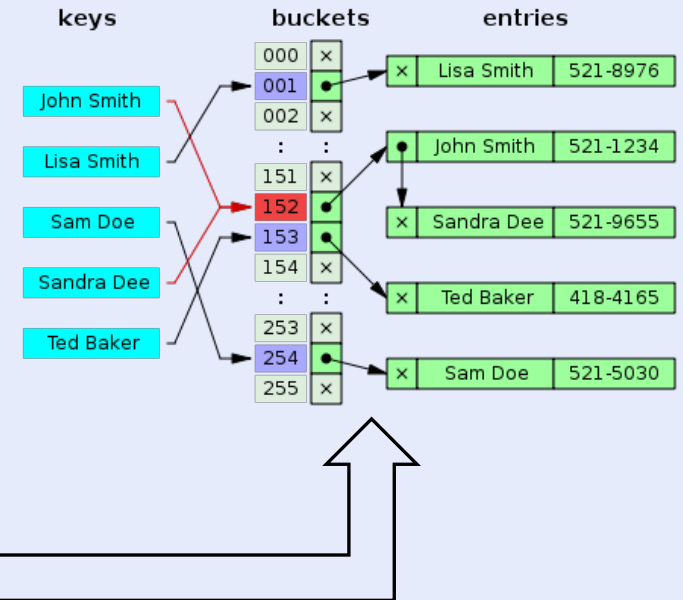


Servidor em mais detalhe...

`table_server.c`



`main()`



Recebe pedidos, cria struct `message_t`, interpreta opcode da struct `message_t` e executa operação na tabela. Envia resultado nessa mesma estrutura. Depois, serializa mensagem e envia resposta



Notas finais: comunicação

- ❑ Antes de enviarem mensagens ao interlocutor, servidor e cliente devem enviar primeiro uma outra mensagem curta contendo um inteiro (4 bytes) em formato de rede indicando o tamanho da mensagem principal que vão enviar de seguida.
 - Isto ajuda a garantir que se recebem os dados todos.
- ❑ Quando o servidor tem de enviar o resultado de uma pesquisa, fá-lo da seguinte forma:
 - Se o resultado for um conjunto vazio, o servidor:
 - » Forma uma mensagem com {OPCODE pedido +1, CT_RESULT, 0}
 - Se o resultado for um conjunto de **n** tuplos, o servidor:
 - » Forma uma mensagem com {OPCODE pedido +1, CT_RESULT, **n**}
 - Envia 4 bytes com tamanho da mensagem no formato rede (htonl)
 - De seguida envia a mensagem formada e no caso da pesquisa vazia, terminou.
 - Para cada tuplo, forma a mensagem com o tuplo, determina o seu tamanho, envia mensagem curta com o tamanho e depois a mensagem.



Notas finais: comunicação

- ❑ Recomenda-se a criação de funções `read_all` e `write_all` que vão receber e enviar strings inteiras pela rede
 - Ver exemplo anterior e figuras 3.15 e 3.16 de [Stevens2004]
- ❑ Usar a função `signal()` para ignorar sinais do tipo `SIGPIPE`. Isto deve ser feito para evitar que um programa morra quando a outra parte é desligada.
- ❑ Em caso de erro retornar `{OP_ERROR, CT_RESULT, errcode}`



Exercício: troca de palavras secretas

- ❑ Dividir a turma em duas partes
 - metade esquerda desenvolve o **servidor**
 - metade direita desenvolve o **cliente**
- ❑ Cliente envia **palavra secreta A** ao servidor (pede palavra ao utilizador)
- ❑ Servidor lê palavra secreta A, imprime-a no ecrã e envia nova **palavra secreta B** de resposta (pede palavra ao utilizador)
- ❑ Cliente lê palavra secreta B e imprime-a no ecrã
- ❑ **Condição de sucesso:** servidor e cliente apresentam no ecrã, respetivamente, a palavra secreta A e B
- ❑ **Opcional:** *Antes de enviarem as palavras secretas, o cliente/servidor pode enviar primeiro uma outra mensagem curta contendo um inteiro (4 bytes) em formato de rede indicando o tamanho da palavra que vai ser enviada a seguir.*



Referências

- ❑ [Stevens2004]
 - W. R. Stevens, B. Fenner, A.M. Rudoff, *Unix Network Programming, The Sockets Networking API*, Volume 1, 3rd Edition, Addison Wesley, 2004
- ❑ [Kurose2009]
 - J. Kurose, K. Ross , “Computer Networking: A Top Down Approach “,5th edition, Addison-Wesley, April 2009.

