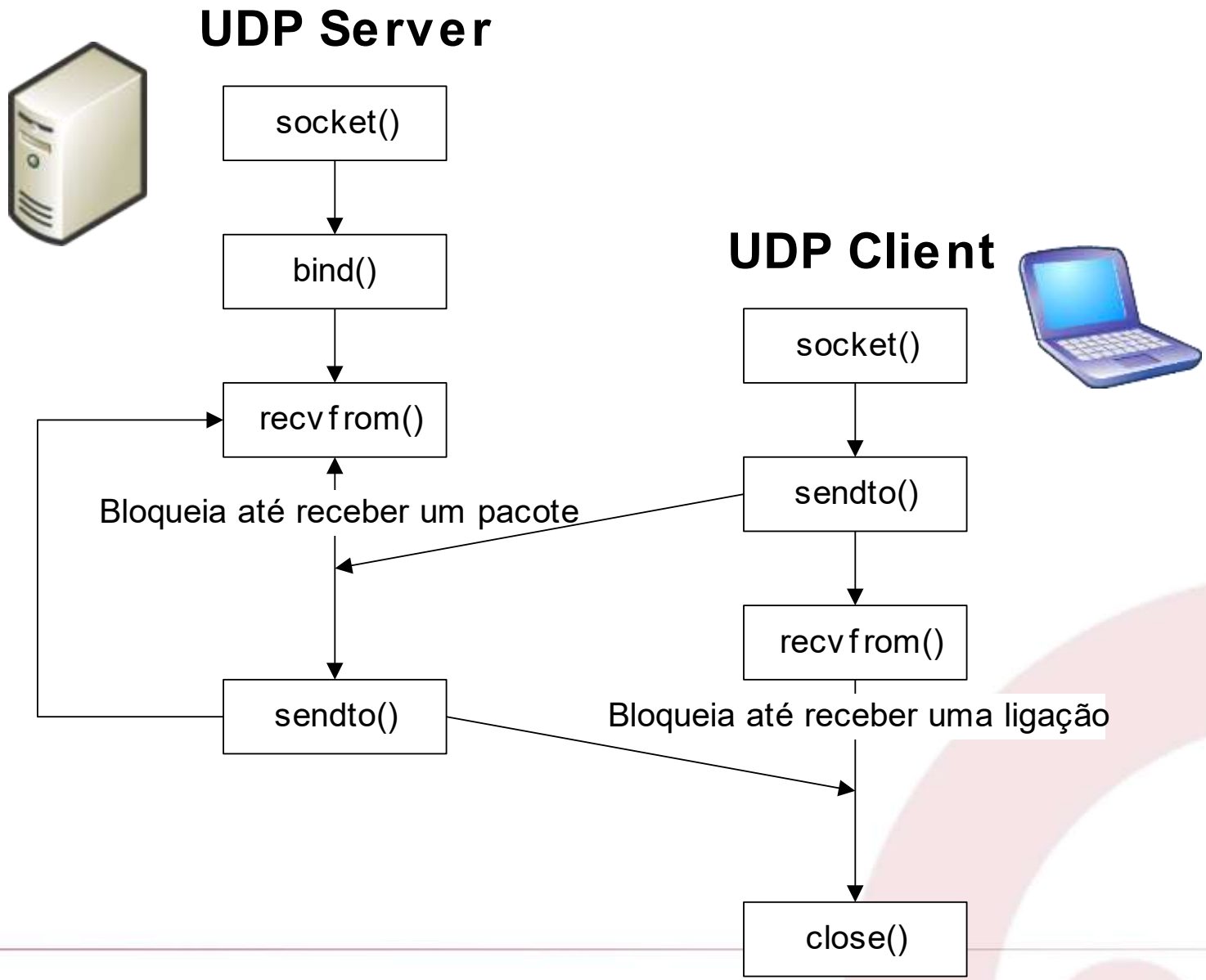
Sockets UDP

Autor: Patricio Domingues

UDP – Recordando...

- Não orientado à ligação
- Não garante a entrega dos *datagrams*
- Não garante a sequenciação na entrega dos *datagrams*
- Utilizado em
  - DNS
  - NFS
  - NTP
  - SNMP
  - …

Funções API Socket: UDP



Programação sockets UDP

- Criação sockets UDP (cliente e servidor)
  - Função: socket
- Registo socket UDP (servidor e opcionalmente pelo cliente)
  - Função: bind
- Envio e receção de dados (cliente e servidor)
  - Funções: sendto e recvfrom
- Situações de erro e soluções
  - *Timeout*
    - Utilização de sinais
- Caso especial – socket UDP ligado
  - Função: connect
    - socket passa apenas a poder enviar e receber de uma mesma entidade remota
    - O envio e receção de dados passa a utilizar as funções: send e recv

Criação socket UDP

- Cliente

```
int sockfd;
if ((sockfd = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM, 0)) == -1){
    ERROR(-1,"socket failed");
}
```

- Servidor

```
int sockfd;
if ((sockfd = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM, 0)) == -1){
    ERROR(-1,"socket failed");
}
```

- A criação do **socket** é idêntica para ambos os casos – cliente e servidor

Registo do socket UDP (*bind*)

- bind – operação exclusiva do servidor

```
#define PORTO 8986
struct sockaddr_in serv_addr;

memset(&serv_addr, 0, sizeof(struct sockaddr_in));
serv_addr.sin_family = AF_INET;
serv_addr.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
serv_addr.sin_port = htons(PORTO);

if (bind(sockfd, (struct sockaddr*)&serv_addr,
                                    sizeof(serv_addr))==-1){
    ERROR(-1,"Bind failed");
}
```

Envio de dados: sendto (1)

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

- Escreve no socket *s*, *len* bytes do conteúdo da zona de memória apontada por *msg*
  - *to* - Endereço do destinatário (IP + porto)
  - *tolen* - Tamanho do endereço

- Retorno:
  - OK: número de bytes enviados;
  - Erro: -1

Envio de dados: sendto (2)

- É possível enviar uma mensagem de 0 bytes
  - Mensagem de "*heartbeat*"

```
sendto(sockfd, NULL, 0, 0,
               (struct sockaddr*)&serv_addr, sizeof(serv_addr));
```

- Erros mais comuns (variável errno #include <errno.h>)
  - **EBADF, ENOTSOCK** - O descritor de socket é inválido
  - **EFAULT** - Endereço do buffer inválido
  - **ENOBUFS** - Os *buffers* do sistema estão cheios
  - **EMSGSIZE** - Mensagem demasiadamente grande

Envio de dados: sendto (3)

- Tamanho de uma mensagem UDP
  - Limite teórico: 65535 bytes (65503)
    - Tamanho máximo para um *datagram* IP (incluindo o cabeçalho IP = 24 bytes + cabeçalho UDP = 8 bytes)
      - Sobreposição dos 16 bits do campo *total length* do cabeçalho IP sobre os 16 bits do campo *length* do cabeçalho UDP
  - Rede: 1468 bytes (1500 – 32)
    - Ethernet MTU (Maximum Transmission Unit) = 1500 bytes
      - Superior ao tamanho da rede ocorre fragmentação o que aumenta significativamente a probabilidade da perda do *datagram*
  - Útil 576 bytes (*Minimum Reassembly Buffer Size*)
    - Limite mínimo que qualquer implementação deve suportar

Envio de dados: `sendto` (4)

- O valor devolvido pelo `sendto()` indica o número de bytes aceites pelo sistema operativo para envio através de um *datagram* UDP
  - Não indica o número de bytes que chegaram ao destino

- Não existe código de erro que indique que o destinatário não recebeu os dados enviados
  - O UDP não é confiável!
  - Exceção
    - socket UDP "ligado" (**`connect`**) quando não existe serviço remoto (ver mais adiante)

Receção de dados: recvfrom (1)

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

- Lê do socket *s*, *len* bytes para a zona de memória apontada por *buf*
  - *from* é preenchido com o endereço origem da mensagem (IP + porto)
  - *fromlen* contém o tamanho do endereço
- Retorno:
  - OK: número de bytes recebidos;
  - Erro: -1

Receção de dados: recvfrom (2)

- Algumas notas
  - A função recvfrom fica bloqueada até receber uma mensagem
    - Exceto se o socket foi configurado para não bloqueante ou se for indicada a flag **MSG_DONTWAIT** na chamada do recvfrom
  - Caso se pretenda ignorar o endereço origem da mensagem basta utilizar o valor NULL nos parâmetros
- Dados recebidos
  - Se o buffer **não tiver espaço suficiente** para o *datagram* (o tamanho do buffer é especificado pelo parâmetro *Len*)…
    - Os dados que **não cabem são perdidos**…
    - Caso a flag **MSG_TRUNC** esteja ativa, a função recvfrom devolve o tamanho real do datagrama e não o número de bytes escritos no buffer de receção
      - Contudo, apenas são escritos *Len* bytes no buffer, perdendo-se na mesma os dados em excesso
  - É possível receber 0 bytes de dados (mensagem de "heartbeat")

Recepção de dados: recvfrom (3)

- Erros mais comuns
  - **EBADF, ENOTSOCK –** O descritor de socket é inválido
  - **ECONREFUSED –** O endereço destino não está disponível
  - **EFAULT –** Endereço do buffer é inválido
  - **EINTR –** A chamada foi interrompida por um sinal
    - Há que tratar o erro
      - Se (errno == EINTR) repetir recvfrom;
      - Ou, sigaction: `sa.sa_flags = SA_RESTART` (não é suportado em todos os sistemas)

Cliente UDP

- Código típico de um cliente UDP
  - Cria socket UDP: socket()
  - Cria e preenche objeto "sockaddr" com endereço do servidor
    - Endereço IP
    - Porto do servidor
  - Envia pedido ao servidor através do sendto()
  - Possivelmente chama recvfrom() (no caso de esperar uma resposta).

Servidor UDP

- Código típico servidor UDP
  - Cria socket UDP: socket
  - Regista o socket no sistema local: bind
  - **Chama recvfrom() à espera de pedidos (chamada bloqueante)**
  - Recebe pedido anotando o endereço do cliente
  - Envia resposta ao pedido através de sendto(), recorrendo ao endereço recebido em recvfrom()

- Nota:
  - Normalmente, os servidores UDP são iterativos dado que o processamento é do tipo pedido / resposta

Verificar a resposta do servidor

(excerto de código do cliente)

```
if (recvfrom(sockfd, msg, MSG_SIZE, 0,
                        (struct sockaddr*)NULL, NULL) == -1){
        ERROR("recvfrom failed", -1);
}
```

- Como limitar a resposta de forma a que tenha apenas como origem o servidor?
  - Resposta
    - uso do "**`connect()`**"
    - Socket ligado UDP

Sockets UDP - exemplos

- Exemplo UDP IPv4
  - Ficheiros
    - cliente_udp.c & servidor_udp.c
- Exemplo UDP IPv6
  - Ficheiros
    - cliente_udp_ipv6.c & servidor_udp_ipv6.c

Situações de erro (1)

- 1) Perda de datagramas – o *datagrama* do cliente alcança o servidor mas a resposta do servidor perde-se
  - O cliente irá ficar bloqueado "*ad eternum*" à espera da resposta do servidor (que se perdeu)
- Como prevenir essa situação ?
  - Especificar um tempo máximo de espera no cliente – *timeout*
    - **Opção A** -- Pode implementar-se um mecanismo de *timeout* com o sinal SIGALRM (função alarm())
      - `alarm(10);`
        - » Configura o sistema por forma que o processo recebe 10 segundos volvidos o sinal SIGALRM
        - » A chamada bloqueante `recvfrom` irá ser interrompida devolvendo o erro EINTR
        - » O uso de sinais têm a desvantagem da perda de contexto: a execução do processo passa para a rotina de tratamento de sinal

Opção B >>

Situações de erro (2)

- (cont.) Especificar um tempo máximo de espera no cliente – timeout

Exemplo >>

  - **Opção B** – configuração dos sockets via setsockopt
    - Existe ainda getsockopt para a leitura das opções de um socket
    - Protótipos

```
int setsockopt(int s, int level, int optname, const void *optval, int
    optlen);
int getsockopt(int s, int level, int optname, void *optval, int
    *optlen);
```

SO_SNDTIMEO is an option to set a timeout value for output operations. It accepts a struct timeval parameter with the number of seconds and microseconds used to limit waits for output operations to complete. If a send operation has blocked for this much time, it returns with a partial count or with the error EWOULDBLOCK if no data were sent.

SO_RCVTIMEO is an option to set a timeout value for input operations. It accepts a struct timeval parameter with the number of seconds and microseconds used to limit waits for input operations to complete. If a receive operation has been blocked for this much time without receiving additional data, it returns with a short count or with the error EWOULDBLOCK if no data were received.

Situações de erro (3)

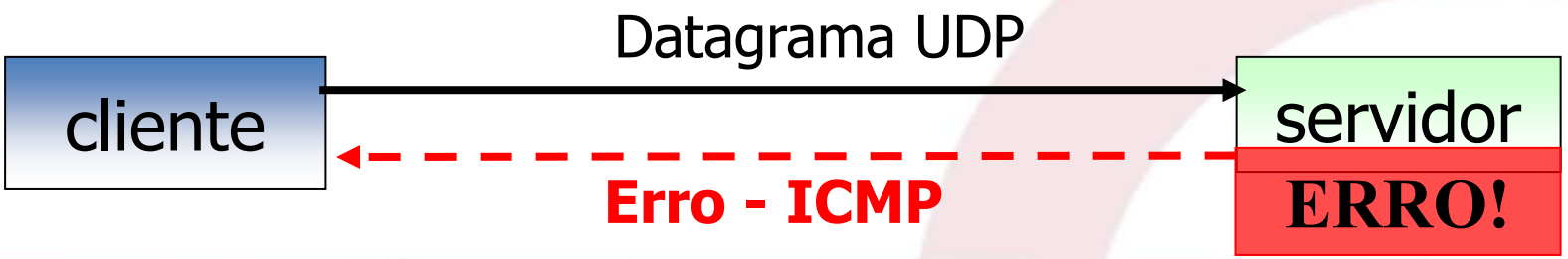
Configurar `timeout` de 2 segundos

```
#include <sys/time.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
struct timeval tv;
tv.tv_sec = 2; tv.tv_usec = 0;
/* configura timeout para RECV */
setsockopt(fd, SOL_SOCKET, SO_RCVTIMEO, &tv, (socklen_t) sizeof(tv));

/* configura timeout para SEND */
setsockopt(fd, SOL_SOCKET, SO_SNDTIMEO,&tv,(socklen_t) sizeof(tv)));

/* Leitura do valor de timeout especificado para RECV*/
socklen_t n;
getsockopt(fd, SOL_SOCKET, SO_RCVTIMEO, &tv, &n);
printf("sec=%ld, usec=%ld\n", tv.tv_sec, tv.tv_usec);
```

- Consultar: `man 7 socket` e `man setsockopt`

Situações de erro (4)

- 2) O processo servidor não está a correr
  - Cliente fica bloqueado no recvfrom, o tempo correspondente ao *timeout* (solução para a situação 1)
  - Contudo, neste caso, o próprio sistema operativo (não confundir com o processo) deteta o erro e gera uma mensagem de erro assíncrona (~4ms depois)
    - Pacote ICMP (*Internet Control Message*) indicando que o porto não está disponível
    - O pacote ICMP só é entregue se o socket UDP estiver "ligado"
      - Apenas a chamada recvfrom receberá o erro



Broadcast em UDP – IPv4

- Protocolo UDP suporta *broadcast*
  - *Difusão de um para todos*
  - Apenas para *sockets* SOCK_DGRAM
- Requer: i) endereço de `broadcast` e ii) `setsockopt`
  - `Dois tipos de broadcast`
    - **Tipo A:** IPv4, apenas para o segmento de rede local: `255.255.255.255`

    setsockopt(s, IPPROTO_IP, IP_ONESBCAST, …, …);
    - **Tipo B:** IPV4: endereço de broadcast da rede – e.g., 192.168.255.255
      - Para todos os nós da rede. Pode ser difundido pelo router (dependente da configuração)

    `setsockopt(s,SOL_SOCKET,SO_BROADCAST,…,…)`

Broadcast em UDP – IPv6

- O protocol IPv6 NÃO suporta *broadcast*
- Suporta:
  - Unicast (ponto-a-ponto)
  - Multicast (um para um grupo de nós)
  - Anycast (um para qualquer um dos membros de um grupo de nós)
    - Endereço *anycast* identifica múltiplos endereços
    - A mensagem apenas tem que chegar a um dos elementos do grupo, não importa qual

Sockets UDP: Modo ligado

- Para utilizar as sockets UDP em modo ligado utiliza-se a função connect
  - Difere do TCP dado que não é estabelecida nenhuma ligação
    - não existe o 3WHS!
  - O kernel apenas guarda o endereço (IP + porto) do destinatário
    - Passa-se a utilizar o recv() e send() em vez de recvfrom() e sendto()

- Para que serve?
  - Para permitir que o *socket* seja notificado de erros assíncronos
    - Exemplo
      - Situação de erro 2 (ICMP))

Sockets UDP: Modo ligado

- Só para relembrar…
  - `ssize_t recv(int s, const void* buf, size_t len, int flags);`
    - Lê do socket *s len* bytes para a zona de memória apontada por *buf*
    - Retorno:
      - OK: número de bytes recebidos;
      - Erro: -1
  - `ssize_t send(int s, const void* msg, size_t len, int flags);`
    - Escreve *len* bytes do conteúdo da zona de memória apontada por *msg* para o socket *s*
    - Retorno:
      - OK: número de bytes enviados;
      - Erro: -1

Bibliografia

- “UNIX Network Programming”, Volume 1, Second Edition: Networking APIs: Sockets and XTI, Prentice Hall, 1998, ISBN 0-13-490012-X. (http://www.kohala.com/start/unpv12e.html)
- Portugal a Programar – Sockets de berkeley http://wiki.portugal-a-programar.org/dev_geral:c:sockets_de_berkeley
- “Basic Socket Interface Extensions for IPv6”, RFC 3493, Fev. 2003 (https://www.ietf.org/rfc/rfc3493.txt)
- man 7 udp
- man 7 socket