

Sockets - Múltiplas Conexões Usando: THREADS e SELECT

Bruno Pereira

Universidade Federal de Minas Gerais

bruno.ps@live.com

26 de setembro de 2016

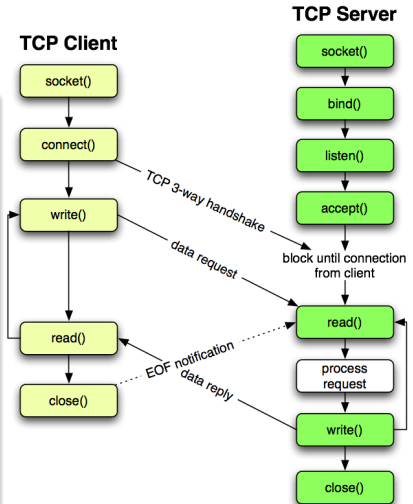
Roteiro

- 1 Introdução
 - Entendendo Threads
 - O que são Pthreads?
- 2 Usando PTHREADS
 - Pthreads – Primitivas básicas
 - 1º Código com Threads
- 3 Usando SELECT
- 4 Programação
 - Cliente e Servidor
- 5 Extra

Introdução

Relembrando

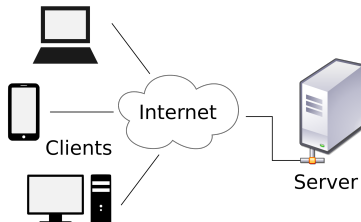
- Até o momento...
 - Sabemos trocar dados entre:
 - **UM** Cliente e **UM** Servidor
 - Tratar conexões IPv*
 - Transporte: STREAM vs DGRAM
- Agora queremos...
 - Manipular conexões simultaneamente!
- Como fazer ?
 - **Threads**
 - **Select**
 - **Processos**



Introdução

Relembrando

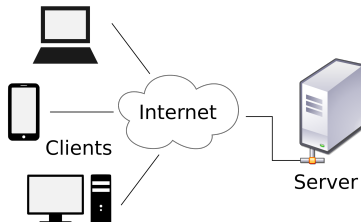
- Até o momento...
 - Sabemos trocar dados entre:
 - **UM** Cliente e **UM** Servidor
 - Tratar conexões IPv*
 - Transporte: STREAM vs DGRAM
- Agora queremos...
 - Manipular conexões simultaneamente!
- Como fazer ?
 - Threads
 - Select
 - Processos



Introdução

Relembrando

- Até o momento...
 - Sabemos trocar dados entre:
 - **UM** Cliente e **UM** Servidor
 - Tratar conexões IPv*
 - Transporte: STREAM vs DGRAM
- Agora queremos...
 - Manipular conexões simultaneamente!
- Como fazer ?
 - **Threads**
 - **Select**
 - Processos



Objetivos

- Ao final dessa aula você será capaz de:
 - Entender o uso de threads
 - Entender o uso do *Select*
- Criar um programa **SERVIDOR** que aceita conexão de vários clientes
 - Usando *Threads*
 - Usando *Select*
- Vamos criar um **SERVIDOR** que cria uma **THREAD** para cada cliente
 - Cada thread cuidará da lógica/execução de cada cliente individualmente

Objetivos

- Ao final dessa aula você será capaz de:
 - Entender o uso de threads
 - Entender o uso do *Select*
- Criar um programa **SERVIDOR** que aceita conexão de vários clientes
 - Usando *Threads*
 - Usando *Select*
- Vamos criar um **SERVIDOR** que cria uma **THREAD** para cada cliente
 - Cada thread cuidará da lógica/execução de cada cliente individualmente

O que é Thread?

- Antes de definir threads vamos entender o que é um PROCESSO.
- Em um processo existe uma thread (uma linha de execução)

O que é Thread?

- Antes de definir threads vamos entender o que é um **PROCESSO**.
- Em um processo existe uma thread (uma linha de execução)

PROCESSO

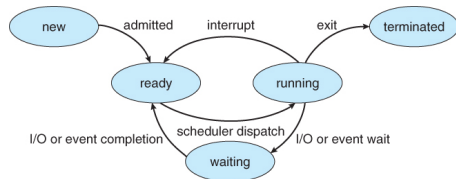
- Um processo é uma instância de um programa que está em *execução*
- Está em um dos seus 5 estados
- Possui vários atributos no seu *Process Control Block*

O que é Thread?

- Antes de definir threads vamos entender o que é um **PROCESSO**.
- Em um processo existe uma thread (uma linha de execução)

PROCESSO

- Um processo é uma instância de um programa que está em *execução*
- Está em um dos seus 5 estados
- Possui vários atributos no seu *Process Control Block*

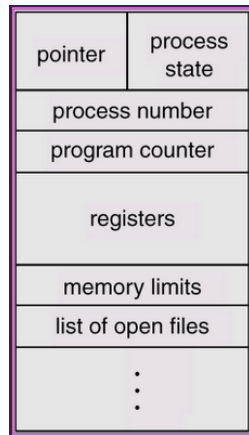


O que é Thread?

- Antes de definir threads vamos entender o que é um **PROCESSO**.
- Em um processo existe uma thread (uma linha de execução)

PROCESSO

- Um processo é uma instância de um programa que está em *execução*
- Está em um dos seus 5 estados
- Possui vários atributos no seu *Process Control Block*



O que é Thread?

- Antes de definir threads vamos entender o que é um **PROCESSO**.
- Em um processo existe uma thread (uma linha de execução)

Thread

Thread (linha de execução) é o menor fluxo sequencial de execução dentro de um programa, o qual pode ser gerenciado por um escalonador.

O que é Thread?

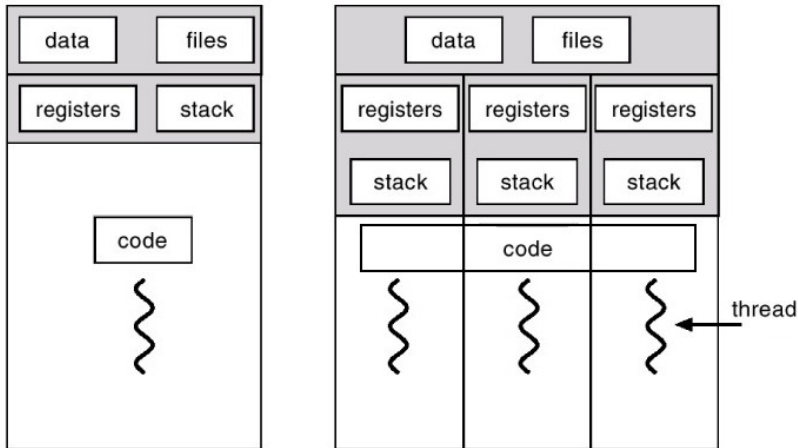
- Antes de definir threads vamos entender o que é um **PROCESSO**.
- Em um processo existe uma thread (uma linha de execução)

Thread

Thread (linha de execução) é o menor fluxo sequencial de execução dentro de um programa, o qual pode ser gerenciado por um escalonador.

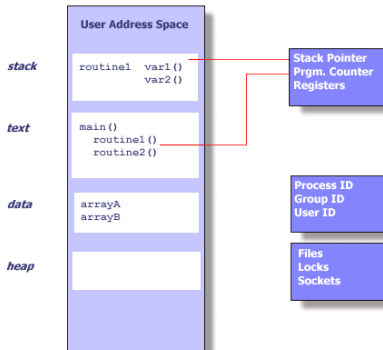
Thread

Thread (linha de execução) é o menor fluxo sequencial de execução dentro de um programa, o qual pode ser gerenciado por um escalonador.



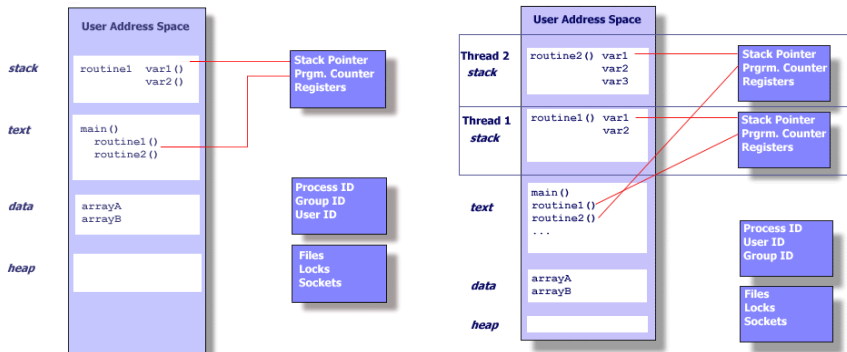
Thread

Thread (linha de execução) é o menor fluxo sequencial de execução dentro de um programa, o qual pode ser gerenciado por um escalonador.



Thread

Thread (linha de execução) é o menor fluxo sequencial de execução dentro de um programa, o qual pode ser gerenciado por um escalonador.



Diferenças entre Threads e Processos

Process	Thread
Process is considered heavy weight	Thread is considered light weight
Unit of Resource Allocation and of protection	Unit of CPU utilization
Process creation is very costly in terms of resources	Thread creation is very economical
Program executing as process are relatively slow	Programs executing using thread are comparatively faster
Process cannot access the memory area belonging to another process	Thread can access the memory area belonging to another thread within the same process
Process switching is time consuming	Thread switching is faster
One Process can contain several threads	One thread can belong to exactly one process

Como vamos usar Threads?

Através da biblioteca Pthreads – Visão Geral

- Historicamente grandes empresas de HW tinham suas próprias implementações de threads
- Isto gerou:
- Então foi necessário criar uma padronização

Links Úteis

- <https://computing.llnl.gov/tutorials/pthreads/>
- http://www.opengroup.org/austin/papers/posix_faq.html

Como vamos usar Threads?

Através da biblioteca Pthreads – Visão Geral

- Historicamente grandes empresas de HW tinham suas próprias implementações de threads
- Isto gerou:
 - Dificuldades de desenvolvimento e portabilidade
 - Então foi necessário criar uma padronização

Links Úteis

- <https://computing.llnl.gov/tutorials/pthreads/>
- http://www.opengroup.org/austin/papers/posix_faq.html

Como vamos usar Threads?

Através da biblioteca Pthreads – Visão Geral

- Historicamente grandes empresas de HW tinham suas próprias implementações de threads
- Isto gerou:
 - Dificuldades de desenvolvimento e portabilidade
- Então foi necessário criar uma padronização

Links Úteis

- <https://computing.llnl.gov/tutorials/pthreads/>
- http://www.opengroup.org/austin/papers/posix_faq.html

Como vamos usar Threads?

Através da biblioteca Pthreads – Visão Geral

- Historicamente grandes empresas de HW tinham suas próprias implementações de threads
- Isto gerou:
 - Dificuldades de desenvolvimento e portabilidade
- Então foi necessário criar uma padronização
 - Para sistemas UNIX (Solares, Linux) foi especificado o padrão IEEE POSIX 1003.1c standard (1995)^a
 - Implementações que usam esse padrão são referenciadas como POSIX threads (Pthreads)

^aExiste implementações para Windows

Links Úteis

- <https://computing.llnl.gov/tutorials/pthreads/>
- http://www.opengroup.org/austin/papers/posix_faq.html

Como vamos usar Threads?

Através da biblioteca Pthreads – Visão Geral

- Historicamente grandes empresas de HW tinham suas próprias implementações de threads
- Isto gerou:
 - Dificuldades de desenvolvimento e portabilidade
- Então foi necessário criar uma padronização
 - Para sistemas UNIX (Solares, Linux) foi especificado o padrão IEEE POSIX 1003.1c standard (1995)^a
 - Implementações que usam esse padrão são referenciadas como POSIX threads (Pthreads)

^aExiste implementações para Windows

Links Úteis

- <https://computing.llnl.gov/tutorials/pthreads/>
- http://www.opengroup.org/austin/papers/posix_faq.html

Como vamos usar Threads?

Através da biblioteca Pthreads – Visão Geral

- Historicamente grandes empresas de HW tinham suas próprias implementações de threads
- Isto gerou:
 - Dificuldades de desenvolvimento e portabilidade
- Então foi necessário criar uma padronização
 - Para sistemas UNIX (Solares, Linux) foi especificado o padrão IEEE POSIX 1003.1c standard (1995)^a
 - Implementações que usam esse padrão são referenciadas como POSIX threads (Pthreads)

^aExiste implementações para Windows

Links Úteis

- <https://computing.llnl.gov/tutorials/pthreads/>
- http://www.opengroup.org/austin/papers/posix_faq.html

Como vamos usar Threads?

Através da biblioteca Pthreads – Visão Geral

- Historicamente grandes empresas de HW tinham suas próprias implementações de threads
- Isto gerou:
 - Dificuldades de desenvolvimento e portabilidade
- Então foi necessário criar uma padronização
 - Para sistemas UNIX (Solares, Linux) foi especificado o padrão IEEE POSIX 1003.1c standard (1995)^a
 - Implementações que usam esse padrão são referenciadas como POSIX threads (Pthreads)

^aExiste implementações para Windows

Links Úteis

- <https://computing.llnl.gov/tutorials/pthreads/>
- http://www.opengroup.org/austin/papers/posix_faq.html

Pthread API

- As subrotinas da API Pthreads podem ser agrupadas em 4 grandes grupos:
 - ❶ **Gerenciamento de Threads:** rotinas para criar, desanexar, agrupar. Além de funções para consultar atributos das threads
 - ❷ **Mutexes:** rotinas para criar sincronizações para áreas críticas. Existem funções para criar, destruir, travar e destravar mutexes
 - ❸ **Condition variables:** rotinas para lidar com a comunicação entre threads que compartilham um mutex
 - ❹ **Sincronização:** rotinas que gerenciam leituras/escritas em seções críticas

Pthread API

- As subrotinas da API Pthreads podem ser agrupadas em 4 grandes grupos:
 - 1 **Gerenciamento de Threads:** rotinas para criar, desanexar, agrupar. Além de funções para consultar atributos das threads
 - 2 **Mutexes:** rotinas para criar sincronizações para áreas críticas. Existem funções para criar, destruir, travar e destravar mutexes
 - 3 **Condition variables:** rotinas para lidar com a comunicação entre threads que compartilham um mutex
 - 4 **Sincronização:** rotinas que gerenciam leituras/escritas em seções críticas

Pthread API

- As subrotinas da API Pthreads podem ser agrupadas em 4 grandes grupos:
 - 1 **Gerenciamento de Threads:** rotinas para criar, desanexar, agrupar. Além de funções para consultar atributos das threads
 - 2 **Mutexes:** rotinas para criar sincronizações para áreas críticas. Existem funções para criar, destruir, travar e destravar mutexes
 - 3 **Condition variables:** rotinas para lidar com a comunicação entre threads que compartilham um mutex
 - 4 **Sincronização:** rotinas que gerenciam leituras/escritas em seções críticas

Pthread API

- As subrotinas da API Pthreads podem ser agrupadas em 4 grandes grupos:
 - 1 **Gerenciamento de Threads:** rotinas para criar, desanexar, agrupar. Além de funções para consultar atributos das threads
 - 2 **Mutexes:** rotinas para criar sincronizações para áreas críticas. Existem funções para criar, destruir, travar e destravar mutexes
 - 3 **Condition variables:** rotinas para lidar com a comunicação entre threads que compartilham um mutex
 - 4 **Sincronização:** rotinas que gerenciam leituras/escritas em seções críticas

Pthread API

- As subrotinas da API Pthreads podem ser agrupadas em 4 grandes grupos:
 - 1 **Gerenciamento de Threads:** rotinas para criar, desanexar, agrupar. Além de funções para consultar atributos das threads
 - 2 **Mutexes:** rotinas para criar sincronizações para áreas críticas. Existem funções para criar, destruir, travar e destravar mutexes
 - 3 **Condition variables:** rotinas para lidar com a comunicação entre threads que compartilham um mutex
 - 4 **Sincronização:** rotinas que gerenciam leituras/escritas em seções críticas

```
int pthread_create(pthread_t * thread, pthread_attr_t *attr,  
                  void * (*start_routine)(void *), void * arg);
```

Criar uma thread

- `pthread_t * thread`: identificador único para uma nova thread (retornado pela subrotina)
- `pthread_attr_t *attr`: estrutura para definir valores dos atributos da thread
- `void * (*start_routine)(void *)`: uma FUNÇÃO EM C QUE A THREAD EXECUTARÁ
- `void * arga`: argumento recebido por "`start_routine`". Use NULL para valores padrão.

^aEsse argumento deve ser passado por referência. Atente-se para o cast para void

```
int pthread_create(pthread_t * thread, pthread_attr_t *attr,  
                  void * (*start_routine)(void *), void * arg);
```

Criar uma thread

- `pthread_t * thread`: identificador único para uma nova thread (retornado pela subrotina)
- `pthread_attr_t *attr`: estrutura para definir valores dos atributos da thread
 - Política de escalonamento
 - Tamanho da pilha...
- `void * (*start_routine)(void *)`: uma FUNÇÃO EM C QUE A THREAD EXECUTARA
- `void * arga`: argumento recebido por "`start_routine`". Use NULL para valores padrão.

^aEsse argumento deve ser passado por referência. Atente-se para o cast para void

```
int pthread_create(pthread_t * thread, pthread_attr_t *attr,  
                  void * (*start_routine)(void *), void * arg);
```

Criar uma thread

- `pthread_t * thread`: identificador único para uma nova thread (retornado pela subrotina)
- `pthread_attr_t *attr`: estrutura para definir valores dos atributos da thread
 - Política de escalonamento
 - Tamanho da pilha...
- `void * (*start_routine)(void *)`: uma FUNÇÃO EM C QUE A THREAD EXECUTARA
- `void * arg`^a: argumento recebido por "`start_routine`". Use NULL para valores padrão.

^aEsse argumento deve ser passado por referência. Atente-se para o cast para void


```
int pthread_create(pthread_t * thread, pthread_attr_t *attr,  
                  void * (*start_routine)(void *), void * arg);
```

Criar uma thread

- `pthread_t * thread`: identificador único para uma nova thread (retornado pela subrotina)
- `pthread_attr_t *attr`: estrutura para definir valores dos atributos da thread
 - Política de escalonamento
 - Tamanho da pilha...
- `void * (*start_routine)(void *)`: uma FUNÇÃO EM C QUE A THREAD EXECUTARA
- `void * arg`^a: argumento recebido por "`start_routine`". Use NULL para valores padrão.

^aEsse argumento deve ser passado por referência. Atente-se para o cast para void

```
int pthread_create(pthread_t * thread, pthread_attr_t *attr,  
                  void * (*start_routine)(void *), void * arg);
```

Criar uma thread

- `pthread_t * thread`: identificador único para uma nova thread (retornado pela subrotina)
- `pthread_attr_t *attr`: estrutura para definir valores dos atributos da thread
 - Política de escalonamento
 - Tamanho da pilha...
- `void * (*start_routine)(void *)`: uma FUNÇÃO EM C QUE A THREAD EXECUTARÁ
- `void * arg`^a: argumento recebido por "`*start_routine`". Use NULL para valores padrão.

^aEsse argumento deve ser passado por referência. Atente-se para o cast para void

```
int pthread_create(pthread_t * thread, pthread_attr_t *attr,  
                  void * (*start_routine)(void *), void * arg);
```

Criar uma thread

- `pthread_t * thread`: identificador único para uma nova thread (retornado pela subrotina)
- `pthread_attr_t *attr`: estrutura para definir valores dos atributos da thread
 - Política de escalonamento
 - Tamanho da pilha...
- `void * (*start_routine)(void *)`: uma FUNÇÃO EM C QUE A THREAD EXECUTARÁ
- `void * arg`^a: argumento recebido por “`*start_routine`”. Use NULL para valores padrão.

^aEsse argumento deve ser passado por referência. Atente-se para o cast para void

```
int pthread_create(pthread_t * thread, pthread_attr_t *attr,  
                  void * (*start_routine)(void *), void * arg);
```

Retorno

- 0, se tudo Ok!
- Valor indicando um dos possíveis erros.

Question time!

- Q: Dado que a thread foi criada como você saberá:
 - Quando a thread será escalonada para executar pelo SO?
 - Qual processador/núcleo ela irá executar?

Resposta

Programas robustos não dependem de uma ordem específica para executar as threads.

O SO irá decidir **quando e onde** executar as threads.

NÃO PRECISAMOS TRATAR ISSO!



Question time!

- Q: Dado que a thread foi criada como você saberá:
 - Quando a thread será escalonada para executar pelo SO?
 - Qual processador/núcleo ela irá executar?

Resposta

Programas robustos não dependem de uma ordem específica para executar as threads.

O SO irá decidir **quando e onde** executar as threads.

NÃO PRECISAMOS TRATAR ISSO!



```
void pthread_exit(void * retval);
```

Terminar a execução thread

- **void * retval**: valor de retorno da thread
 - Uma thread por terminar por vários motivos:
 - Retornam normalmente da sua função “*start_routine”
 - Fazendo uma chamada para a subrotina **pthread_exit**
 - Pode ser cancelada por outra thread via subrotina **pthread_cancel**
 - ...

Dica

- Se a thread mãe termina retornando da sua função principal, então suas filhas morrem.
- Se a thread mãe termina com **pthread_exit()**, suas filhas não morrem.

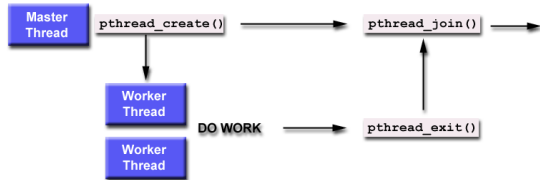
```
void pthread_join(pthread_t * thread, pthread_attr_t **status);
```

Terminar a execução thread

- `pthread_t * thread`: indica a thread a ser aguardada
- `pthread_attr_t **status`: valor de retorno da thread

Dica

Essa função faz com que a thread que a chamou espere até que a thread passada como parâmetro retorne




```
1  #include <pthread.h>
2  #include <stdio.h>
3  #define NUM_THREADS 5
4
5  void *PrintHello(void *threadid)
6  {
7      long tid;
8      tid = (long)threadid;
9      printf("Hello World! It's me, thread #%ld!\n", tid);
10     pthread_exit(NULL);
11 }
12
13 int main (int argc, char *argv[])
14 {
15     pthread_t threads[NUM_THREADS];
16     int rc;
17     long t;
18     for(t=0; t<NUM_THREADS; t++){
19         printf("In main: creating thread %ld\n", t);
20         rc = pthread_create(&threads[t], NULL, PrintHello, (void *)t);
21         if (rc){
22             printf("ERROR; return code from pthread_create() is %d\n", rc);
23             exit(-1);
24         }
25     }
26
27     /* Last thing that main() should do */
28     pthread_exit(NULL);
29 }
```

Talk is cheap
Show me the
CODE

Compiler / Platform	Compiler Command
INTEL Linux	icc -pthread
	icpc -pthread
PGI Linux	pgcc -lpthread
	pgCC -lpthread
GNU Linux, Blue Gene	gcc -pthread
	g++ -pthread
IBM Blue Gene	bgxlc_r / bgcc_r
	bgxlc_r, bgxlc++_r

```
1  #include <pthread.h>
2  #include <stdio.h>
3  #define NUM_THREADS 5
4
5  void *PrintHello(void *threadid)
6  {
7      long tid;
8      tid = (long)threadid;
9      printf("Hello World! It's me, thread #%ld!\n", tid);
10     pthread_exit(NULL);
11 }
12
13 int main (int argc, char *argv[])
14 {
15     pthread_t threads[NUM_THREADS];
16     int rc;
17     long t;
18     for(t=0; t<NUM_THREADS; t++){
19         printf("In main: creating thread %ld\n", t);
20         rc = pthread_create(&threads[t], NULL, PrintHello, (void *)t);
21         if (rc){
22             printf("ERROR; return code from pthread_create() is %d\n", rc);
23             exit(-1);
24         }
25     }
26
27     /* Last thing that main() should do */
28     pthread_exit(NULL);
29 }
```

Saída

```
In main:  creating thread 0
In main:  creating thread 1
Hello World!  It's me, thread #0!
In main:  creating thread 2
Hello World!  It's me, thread #1!
Hello World!  It's me, thread #2!
In main:  creating thread 3
In main:  creating thread 4
Hello World!  It's me, thread #4!
Hello World!  It's me, thread #3!
```

Segunda parte

Objetivos

- Ao final dessa aula você será capaz de:
 - Entender o uso de threads
 - Entender o uso do *Select*
- Criar um programa **SERVIDOR** que aceita conexão de vários clientes
 - Usando *Threads*
 - Usando *Select*
- Vamos criar um **SERVIDOR** que faz uso do **SELECT** para gerenciar múltiplas conexões

Segunda parte

Objetivos

- Ao final dessa aula você será capaz de:
 - Entender o uso de threads
 - Entender o uso do *Select*
- Criar um programa **SERVIDOR** que aceita conexão de vários clientes
 - Usando *Threads*
 - Usando *Select*
- Vamos criar um **SERVIDOR** que faz uso do SELECT para gerenciar múltiplas conexões

Scokets - Nomenclatura

- Existe uma nomenclatura para cada um dos "lados" da comunicação
 - Servidor
 - Espera por conexões de entrada
 - Fornece certos tipos de serviços para a outra parte
 - Cliente
 - Solicita uma conexão ao servidor
 - Faz requisições de serviços
- Não é o computador quem decide quem é cliente ou quem é servidor, mas sim a forma como o programa usa os sockets.

Sockets - Nomenclatura

- Existe uma nomenclatura para cada um dos "lados" da comunicação
- Servidor
 - Espera por conexões de entrada
 - Fornece certos tipos de serviços para a outra parte
- Cliente
 - Solicita uma conexão ao servidor
 - Faz requisições de serviços
- Não é o computador quem decide quem é cliente ou quem é servidor, mas sim a forma como o programa usa os sockets.

Scokets - Nomenclatura

- Existe uma nomenclatura para cada um dos "lados" da comunicação
- Servidor
 - Espera por conexões de entrada
 - Fornece certos tipos de serviços para a outra parte
- Cliente
 - Solicita uma conexão ao servidor
 - Faz requisições de serviços
- Não é o computador quem decide quem é cliente ou quem é servidor, mas sim a forma como o programa usa os sockets.

Sockets - Nomenclatura

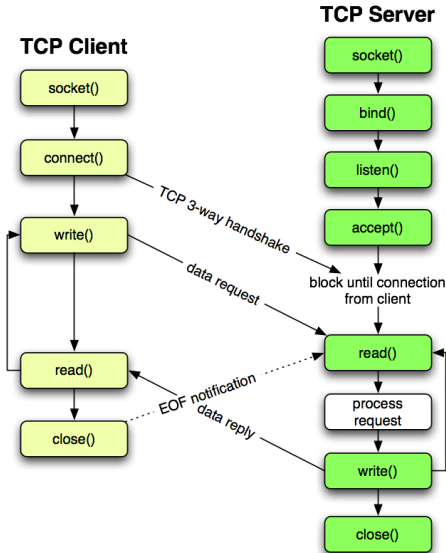
- Existe uma nomenclatura para cada um dos "lados" da comunicação
- Servidor
 - Espera por conexões de entrada
 - Fornece certos tipos de serviços para a outra parte
- Cliente
 - Solicita uma conexão ao servidor
 - Faz requisições de serviços
- Não é o computador quem decide quem é cliente ou quem é servidor, mas sim a forma como o programa usa os sockets.



Figura: Vlw Brunão ta Serto,
mals l daew? R: RLX!

Como uso thread com sockets?

- Relembrando, nosso OBJETIVO ERA:
 - Receber várias conexões simultaneas ()
 - Saber Threads (✓)



Scokets - Tipos

- Stream Sockets - SOCK_STREAM
 - Usa o protocolo TCP/IP ^a
 - Mantém uma conexão confiável
 - Os dados vão em ordem
 - Livre de erros

^aThe Transmission Control Protocol RFC 2001[6]. Internet Protocol address.

Sockets - Tipos

- Datagram Sockets - SOCK_DGRAM
 - Usa o protocolo UDP/IP ^a
 - **Não** mantém uma conexão confiável
 - **Não** garante a chegada em ordem dos dados

^aUser Datagram Protocol RFC 768[5].

Sockets - Tipos

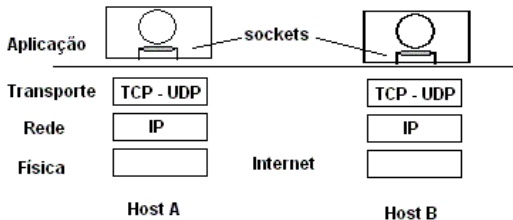
- Datagram Sockets - SOCK_DGRAM
 - Usa o protocolo UDP/IP ^a
 - **Não** mantém uma conexão confiável
 - **Não** garante a chegada em ordem dos dados

^aUser Datagram Protocol RFC 768[5].

Ethernet IP UDP TFTP **Data**

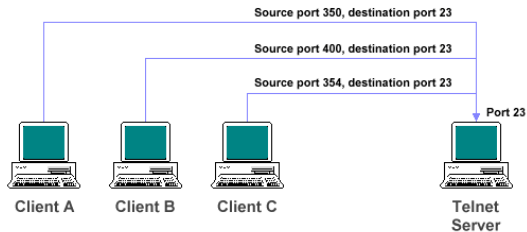
Sockets - Porta

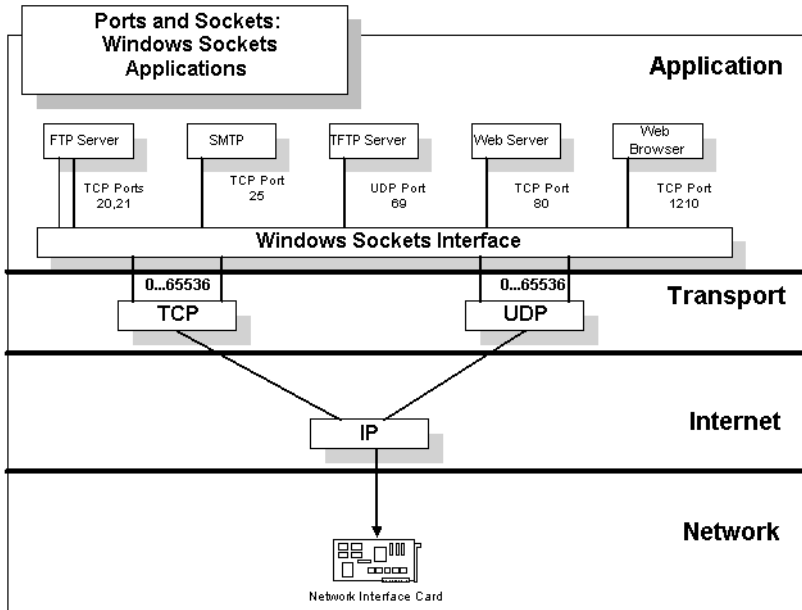
- Como saber qual aplicação devo enviar os dados?
- Cada aplicação vai ter uma porta associada
 - Comando: `less /etc/services`
 - `netstat -antp`



Scokets - Porta

- Como saber qual aplicação devo enviar os dados?
- Cada aplicação vai ter uma porta associada
 - Comando: `less /etc/services`
 - `netstat -antp`





Cliente e Servidor

Example

Servidor.c

- Veja o código Servidor.c [3]
- Comando: nc <endereço> <porta>
- Comando: nc localhost 5050

Example

Cliente.c

Cliente e Servidor

Example

Servidor.c

- Veja o código Servidor.c [3]
- Comando: nc <endereço> <porta>
 - Comando: nc localhost 5050

Example

Cliente.c

Cliente e Servidor

Example

Servidor.c

- Veja o código Servidor.c [3]
- Comando: nc <endereço> <porta>
 - Comando: nc localhost 5050

Example

Cliente.c

- Veja o código Cliente.c [3]
- Execute uma instância do servidor e uma do cliente

Cliente e Servidor

Example

Servidor.c

- Veja o código Servidor.c [3]
- Comando: nc <endereço> <porta>
 - Comando: nc localhost 5050

Example

Cliente.c

- Veja o código Cliente.c [3]
- Execute uma instância do servidor e uma do cliente



Brian "Beej Jorgensen" Hall.

Beej's Guide to Network Programming.

<http://beej.us/guide/bgnet/output/html/multipage/index.html>.



Bruno Pereira.

Apresentação.

UFMG, 2014.

<https://copy.com/94BD03mWisUf>.



Bruno Pereira.

Códigos das aplicações apresentadas e extras.

UFMG, 2014.

<https://copy.com/r1XTNWP4H3aM>.



Larry L Peterson and Bruce S Davie.

Computer networks: a systems approach.

Elsevier, 2007.



Jon Postel.

User datagram protocol.

Isi, 1980.

<http://tools.ietf.org/html/rfc768>.



W Richard Stevens.

Tcp slow start, congestion avoidance, fast retransmit, and fast recovery algorithms.

1997.

<http://tools.ietf.org/html/rfc2001>.

Extras

Example

ShowIP.c

- Veja o código ShowIP.c [3]
- Comando: `ping <endereço>`

Example

`client_beej.c` e `server_beej.c`

Extras

Example

ShowIP.c

- Veja o código ShowIP.c [3]
- Comando: ping <endereço>

Example

client_beej.c e server_beej.c

Extras

Example

ShowIP.c

- Veja o código ShowIP.c [3]
- Comando: ping <endereço>

Example

client_beej.c e server_beej.c

- Versão com mais detalhes
- Execute uma instância do servidor e uma do cliente