
Tecnologia de Redes

Protocolo IP

Volnys Borges Bernal

`volnys@lsi.usp.br`

<http://www.lsi.usp.br/~volnys>



Agenda

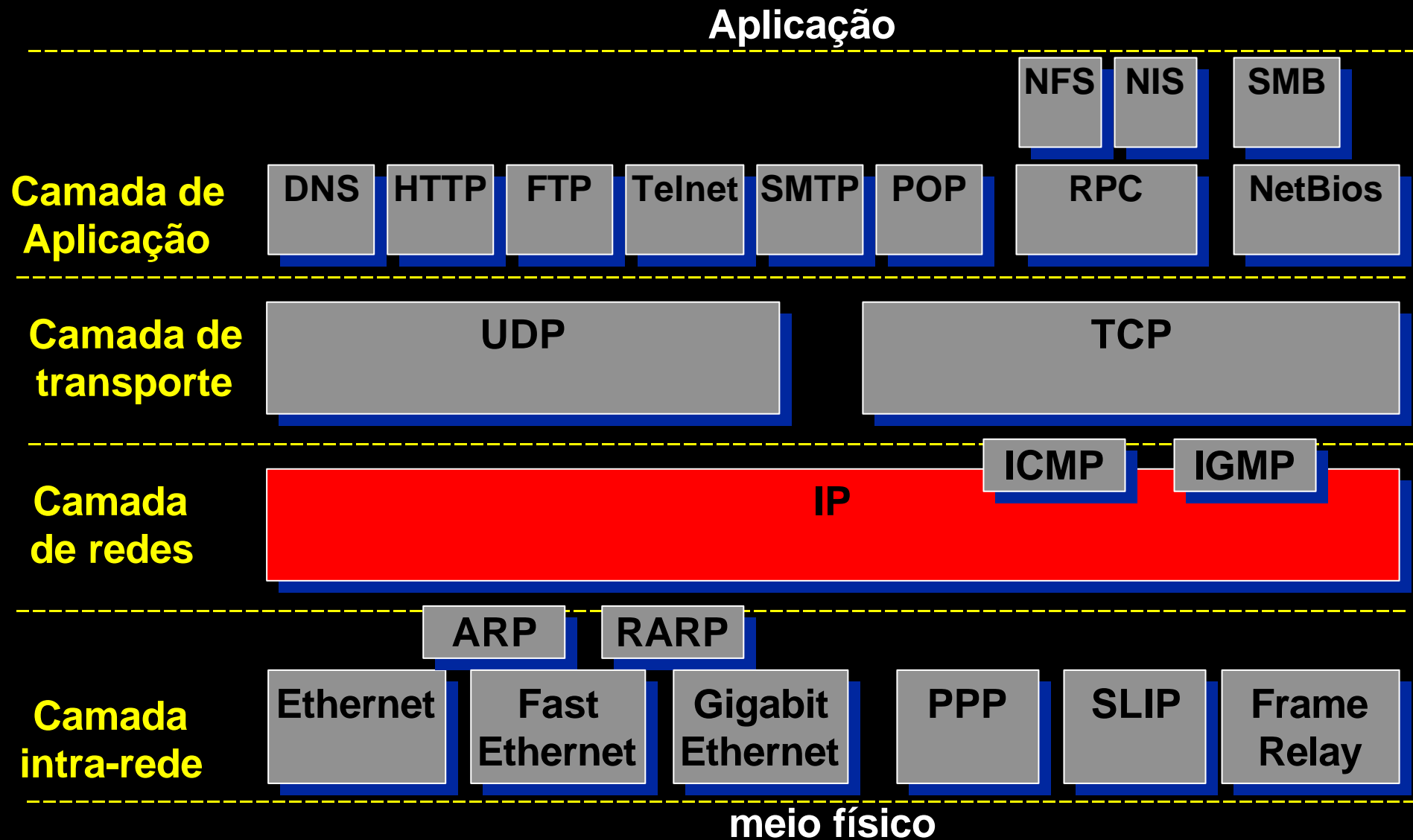
- ❑ **Introdução ao protocolo IP**
- ❑ **Endereçamento IP**
- ❑ **Classes de endereços IP**
- ❑ **Roteamento IP**
- ❑ **Protocolo IP**

Introdução ao Protocolo IP

- ❑ **O que é o protocolo IP?**
 - * IP = “Internet Protocol”
 - * Protocolo de camada de rede utilizado na Internet (pilha TCP/IP)

- ❑ **Objetivo**
 - * Permitir a transmissão de mensagens entre duas máquinas quaisquer na Internet

Introdução ao Protocolo IP



Introdução ao Protocolo IP

❑ Características

* Datagrama (não orientado a conexão)

- ⇒ Não é necessário estabelecer conexão antes do envio de um pacote IP
- ⇒ Os pacotes IPs podem ser enviados a qualquer momento
- ⇒ Os pacotes IPs podem chegar no destinatário fora de ordem

* Serviço não confiável

- ⇒ Não há garantia de entrega do pacote IP ao destinatário
- ⇒ Problema de perdas de pacotes devem ser tratados nas camadas superiores (transporte ou aplicação)

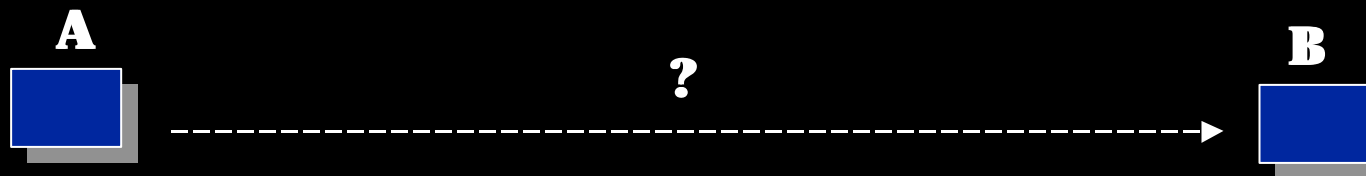
* Endereçamento

- ⇒ Os equipamentos conectados à Internet são identificados através de seu endereço IP
- ⇒ O endereço IP permite identificar de forma única qualquer equipamento na Internet

Introdução ao Protocolo IP

□ Analogia “Pacote IP - Container”

- * Podemos fazer uma analogia do pacote IP a um container
- * Para transportar um container de uma entidade a outra é necessário um meio de transporte
- * O meio de transporte utilizado um meio de transporte físico que pode ser caminhão, trem, navio ou avião (equivale à camada “intra-rede”)
- * Um container para ser transportado de uma entidade A para uma entidade B necessita, muitas vezes, se utilizar de vários meios de transporte



Introdução ao Protocolo IP

□ Analogia “Pacote IP - Container”

- * **Exemplo: Transporte de um container de A para B**
- * **O container A contém o endereço de seu destino (endereço de B) visível.**
- * **Para sair da entidade A o container é colocado em um caminhão (meio físico de transporte de dados utilizado para transporte local em uma cidade - equivale ao protocolo Ethernet). Este caminhão não tem como endereço de destino o endereço de B, e sim, o endereço do terminal de carga da estação de trem (endereço X).**
- * **O caminhão (pacote Ethernet) leva o container (pacote IP) segundo as regras de trânsito local da cidade (protocolo Ethernet)**

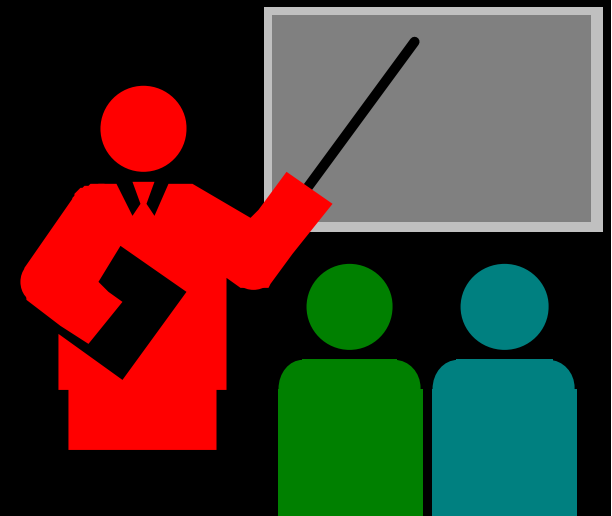
Introdução ao Protocolo IP

- * Ao chegar terminal de cargas (endereço X) o container é retirado do caminhão e, de acordo com seu endereço de destino, é verificado qual a rota mais apropriada para leva-lo ao seu destino (roteamento IP), levando-se em conta direção, congestionamento, prioridades, etc. Para alcançar o endereço B o container terá que ser levado de trem até o terminal de cargas do aeroporto (endereço Y). Possivelmente, este pacote pode ter que ser armazenado momentaneamente no entreposto (bufferização) até que possa ser transportado.
- * O trem (pacote PPP) irá transportar o container (pacote IP) segundo as normas de transporte de trem (protocolo PPP) para o terminal de cargas Y (endereço de destino do trem).
- * Ao chegar ao terminal de cargas do aeroporto (endereço Y) o container é retirado do trem. Seu destino final (endereço B) é analisado para verificar qual sua próxima escala (roteamento). Verificando as linhas existentes, congestionamento, etc foi estabelecido que o container deverá ser transportado por um avião até o destino W sua próxima escala

Introdução ao Protocolo IP

- * O avião (pacote FrameRelay) irá transportar o container (pacote IP) segundo as normas de transporte de avião (protocolo FrameRelay) para o terminal de cargas W (endereço de destino do avião).
- * Ao chegar ao terminal de cargas do aeroporto (endereço W) o container é retirado do avião. Seu destino final (endereço B) é analisado para verificar qual sua próxima escala (roteamento). Verificando as linhas existentes, congestionamento, etc foi estabelecido que o container deverá ser transportado por caminhão até o destino final B.

Endereçamento IP



Endereçamento IP

❑ Endereço IP

- * Permite identificar unicamente uma interface de rede de um equipamento na Internet
- * O endereço IP não pode ser arbitrariamente atribuído a uma interface de rede. Cada rede possui uma faixa de endereços que podem ser alocados a equipamentos
- * O endereço IP consiste de 4 bytes:
 - ⇒ Exemplo de endereço IP: 200.65.33.130

End. IP

200	65	33	143	(dec)
1100 1000	0100 0001	0010 0001	1000 1111	(bin)

Endereçamento IP

❑ Para verificar o endereço IP associado às interfaces de uma máquina:

* **UNIX**

⇒ /sbin/ifconfig -a

* **Windows**

⇒ ipconfig -a

⇒ winipcfg

Endereçamento IP

```
{terra|jose} /sbin/ifconfig
```

```
lo
```

```
Link encap:Local Loopback
```

```
inet addr:127.0.0.1 Bcast:127.255.255.255 Mask:255.0.0.0
```

```
UP BROADCAST LOOPBACK RUNNING MTU:3584 Metric:1
```

```
RX packets:28 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
```

```
TX packets:28 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
```

```
collisions:0
```

```
eth0
```

```
Link encap:Ethernet HWaddr 00:50:4D:00:5B:A9
```

```
inet addr:200.84.38.9 Bcast:200.84.38.255 Mask:255.255.255.0
```

```
UP BROADCAST RUNNING PROMISC MULTICAST MTU:1500 Metric:1
```

```
RX packets:70246 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
```

```
TX packets:24 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
```

```
collisions:0
```

```
Interrupt:3 Base address:0x300
```

Exercício

(1) Em relação à configuração de rede de seu computador, responda:

(a) Relacione as interfaces de rede que seu computador possui, informando

⇒ nome da interface de rede

⇒ tipo da interface de rede

(b) Para cada interface de rede, relacione o endereço IP associado. Mostre nas notações

⇒ Decimal

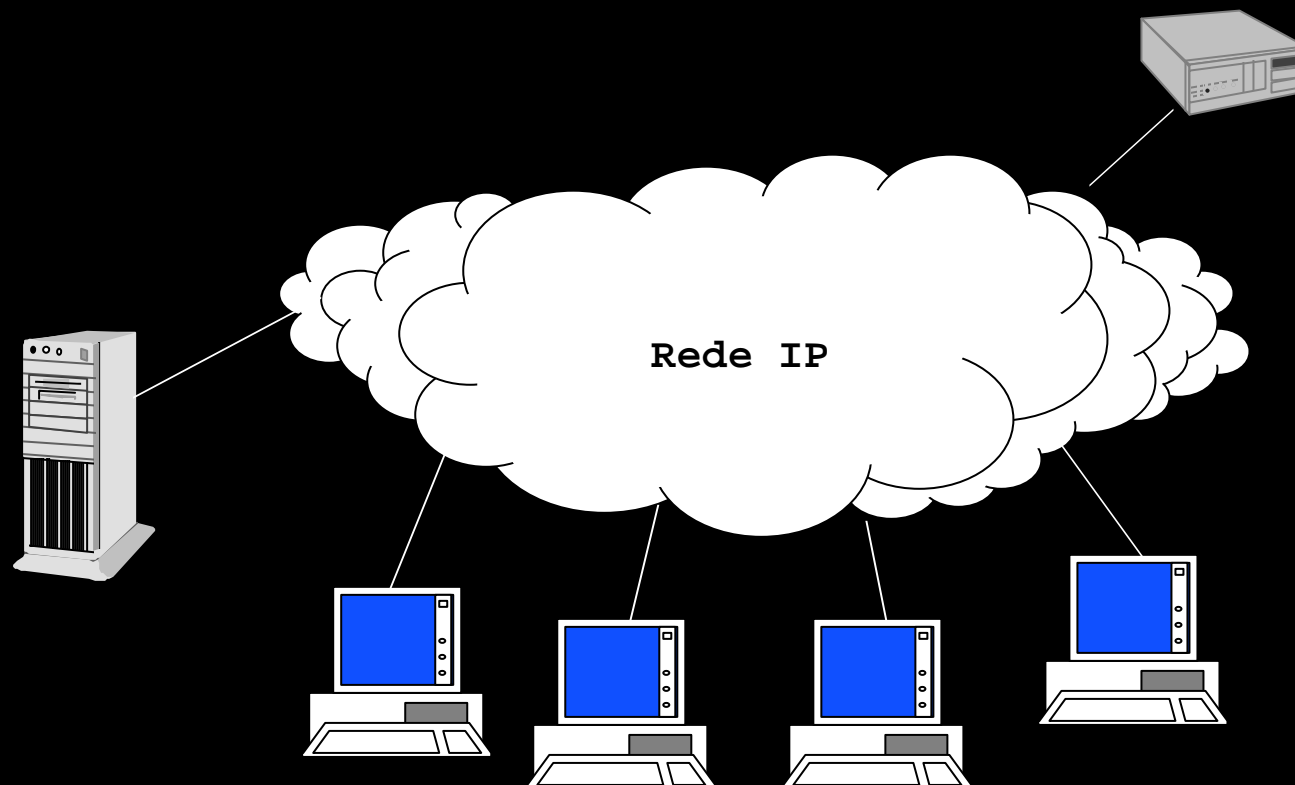
⇒ Binária

Exercício

- ❑ (2) Indique quais dos valores relacionados a seguir correspondem a endereços IP válidos.
 - * 10.0.0.255
 - * 200.32.4.241
 - * 284.14.92.4
 - * 200.32.4.310
 - * 10.32.68.128.255
 - * 10.255.255.255

Endereçamento IP

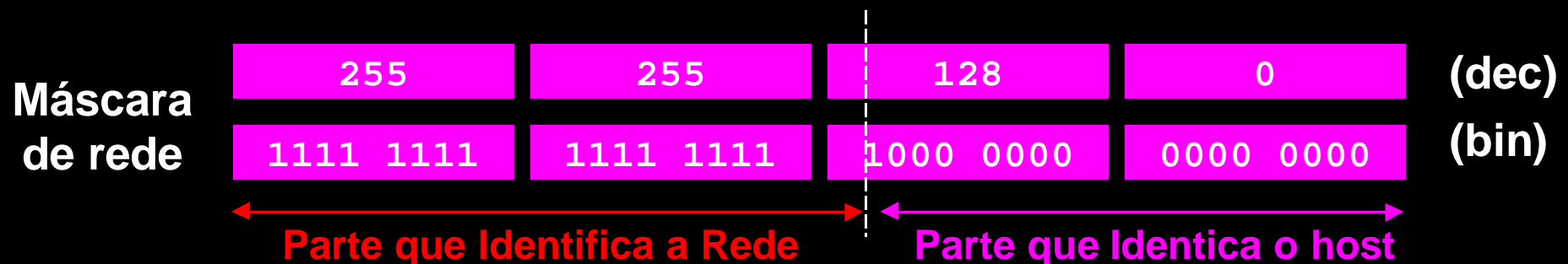
❑ Rede IP



Endereçamento IP

❑ Máscara de rede

- * Permite definir o ponto de divisão entre a parte que identifica a rede e a parte que identifica o host
- * Endereço IP é composto por duas partes:
 - ⇒ Identificação da rede (Ident. rede)
 - ⇒ Identificação do equipamento na rede (Ident. host)
- * A máscara de rede é um número de 32 bits formado da seguinte maneira:
 - ⇒ Uma sequência de 1s seguido de uma seqüência de 0s
- * Exemplo: 255.255.128.0

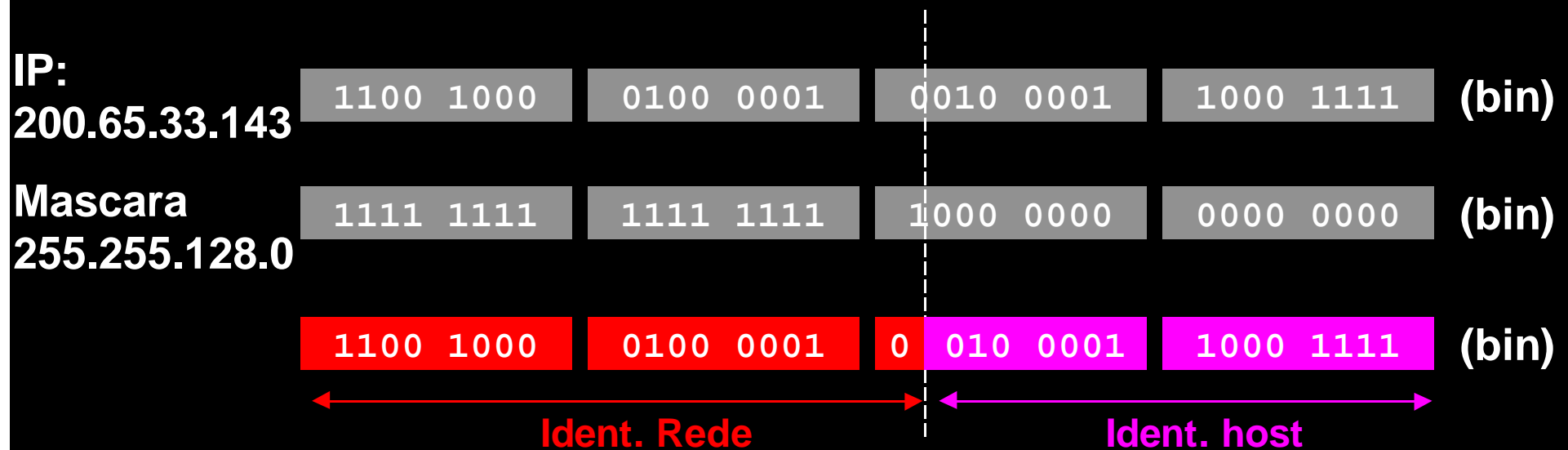


Endereçamento IP

❑ Máscara de Rede: Exemplo

* Endereço IP : 200.65.33.143

* Mascara de rede: 255.255.128.0



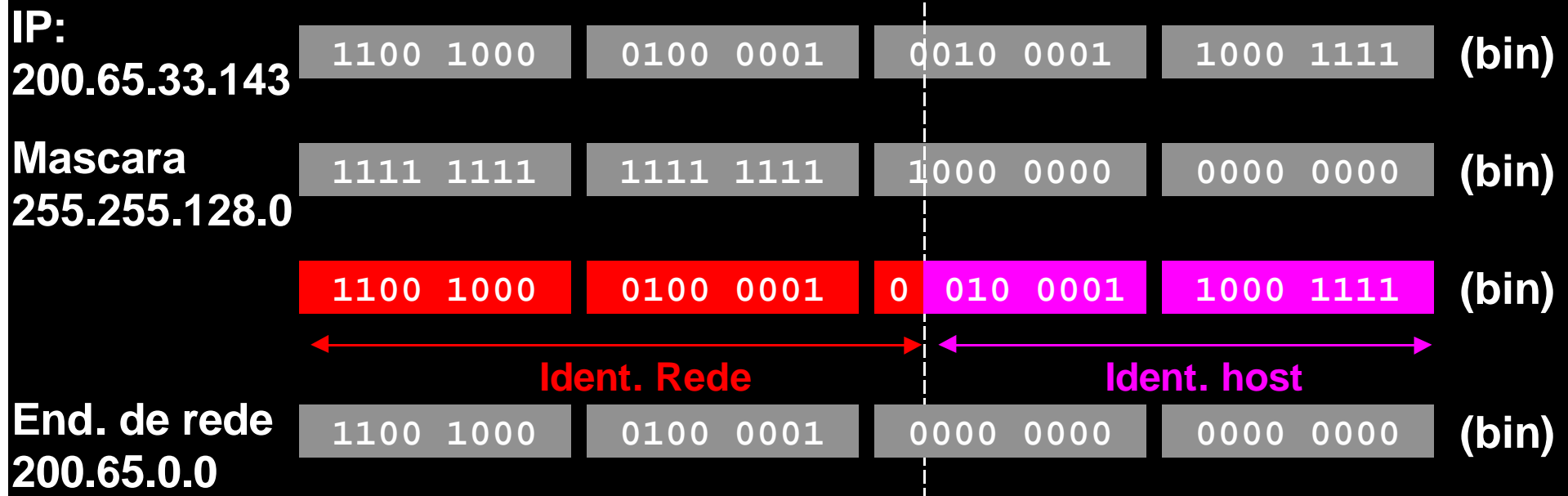
Exercício

- ❑ (3) Em relação à configuração de rede de seu computador, para cada interface de rede responda:
 - * (a) Qual o valor da máscara está sendo utilizada?
 - * (b) Qual a faixa de endereços IP disponível para esta rede (primeiro endereço e último endereço possível para esta faixa de endereços)?

Endereçamento IP

□ Endereço de Rede

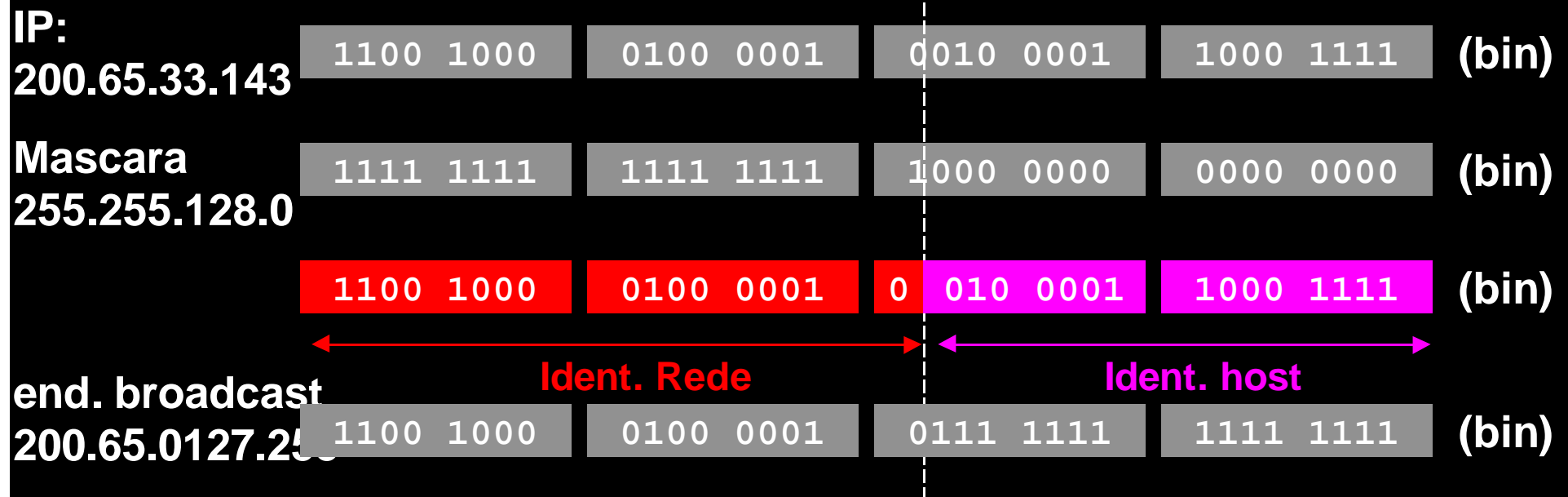
- * Número de 32 bits que identifica de forma única uma rede na internet
- * Corresponde ao valor da “Identificação da rede” completada com zeros
- * Primeiro endereço IP da rede (reservado para identif. da rede)



Endereçamento IP

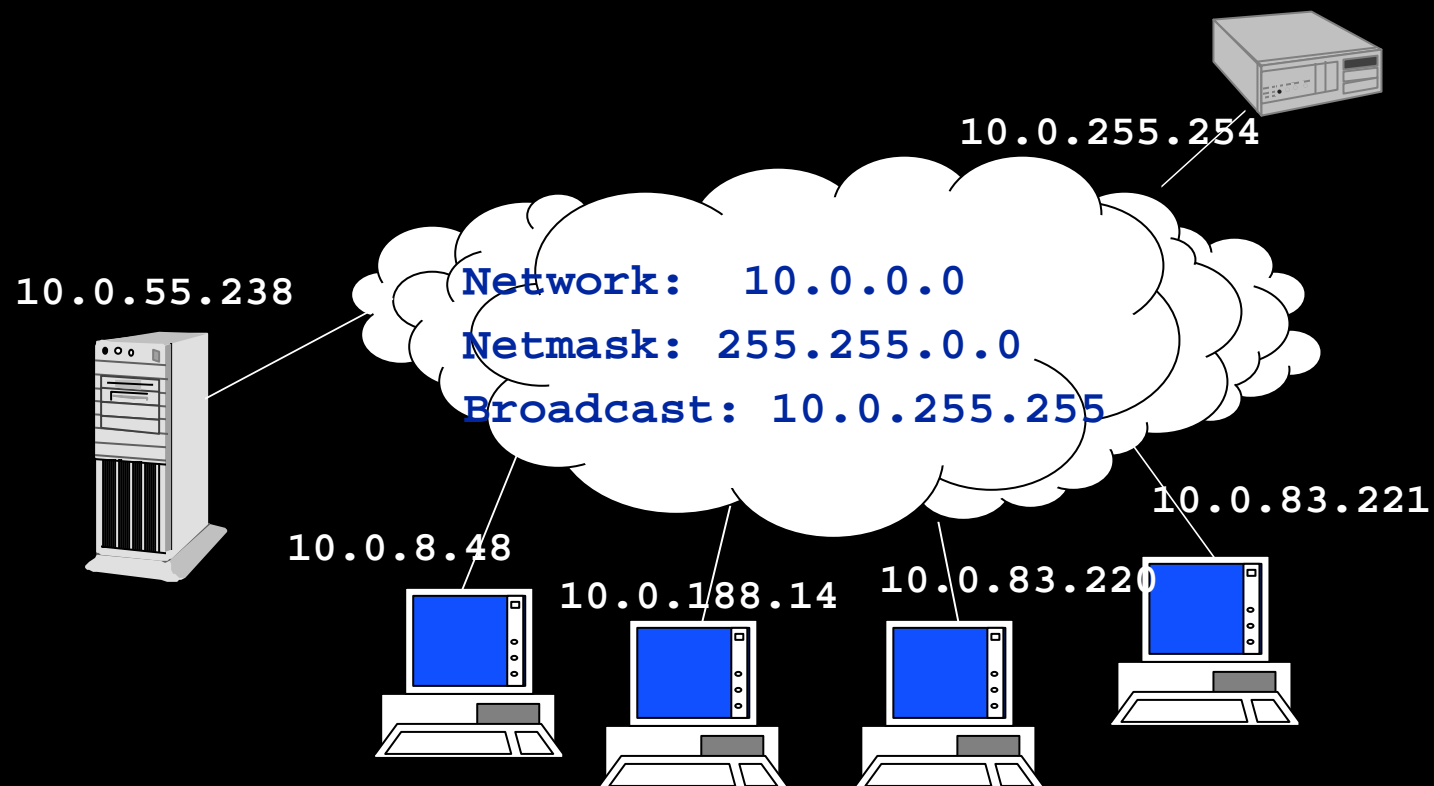
□ Endereço de broadcast

- * Endereço IP utilizado para enviar pacotes para todas as máquinas da rede
- * Por convenção é o último endereço da rede
- * Corresponde ao valor da “Identificação da rede” completada com 1s



Endereçamento IP

❑ Exemplo:



Endereçamento IP

□ Resumo

*** Associada a uma interface de rede existem os seguintes parâmetros:**

- ⇒ Endereço IP
- ⇒ Máscara de Rede
- ⇒ Endereço de Rede
- ⇒ Endereço de Broadcast

*** Faixa de endereçamento de rede**

- ⇒ primeiro endereço da faixa:
 - ◆ reservado para endereço de rede
- ⇒ último endereço da faixa:
 - ◆ reservado para endereço de broadcast

Exercício

- ❑ **(4) Em relação à configuração de rede de seu computador, para cada interface de rede responda:**
 - * **(a) Qual o endereço de rede associado?**
 - * **(b) Qual o endereço de broadcast?**
 - * **(c) O primeiro endereço desta faixa pode ser utilizado para identificar uma interface de um computador? Explique!**
 - * **(d) O último endereço desta faixa pode ser utilizado para identificar uma interface de um computador? Explique!**

Exercício

- ❑ **(5) Seja um computador que possui a seguinte configuração em sua interface de rede ethernet:**

⇒ Endereço IP : 192.68.10.33

⇒ Mascara de rede : 255.255.255.0

Responda:

(a) Qual o endereço de rede?

(b) Qual o endereço de broadcast

(c) Qual a faixa de endereçamento desta rede?

(d) Quantas interfaces de rede de computador podem ser configuradas nesta rede?

Exercício

❑ **(6) Seja uma rede IP com a seguinte configuração:**

⇒ Endereço IP : 192.68.0.0

⇒ Máscara de rede: 255.255.192.0

Informe quais endereços IP relacionados abaixo são endereços válidos para esta rede?

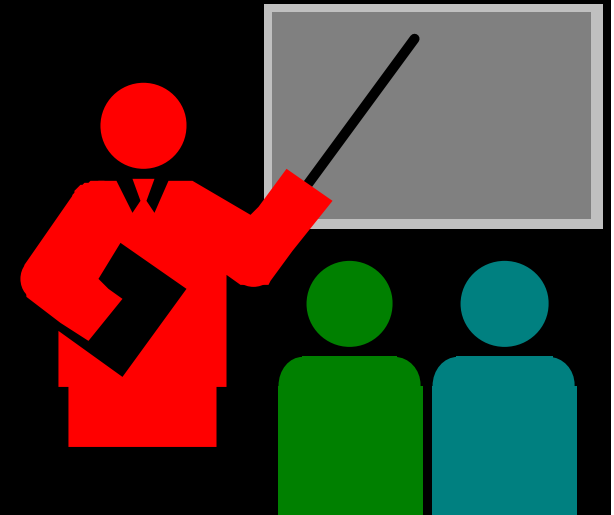
⇒ 10.192.68.0

⇒ 192.68.10.1

⇒ 192.68.200.5

⇒ 192.68.255.4

Classes de Endereçamento IP



Classes de Endereçamento IP

❑ Classe de endereços IPs

- * Cada endereço já possui uma máscara padrão (que pode ser alterada, se for necessário)
- * Não é obrigatória a utilização da máscara padrão. Se for necessário é permitido **AUMENTAR O TAMANHO DA IDENTIFICAÇÃO DA REDE**, nunca diminuir.
- * O valor da máscara padrão para um determinado endereço IP depende da classe de endereçamento associada a este IP (Classe A, B ou C).
- * Existem 5 classes de endereços IP definidos pela IANA (*Internet Assigned Numbers Authority*), sendo que 3 destas classes (classes A, B e C) podem ser utilizadas na definição de redes IP.

Classes de Endereçamento IP

□ Classes de endereços IPs



Exercício

- ❑ **(6) Em relação à configuração de rede de seu computador, para cada interface de rede responda:**
 - * **(a) A qual classe de endereços pertence?**
 - * **(b) Qual o valor padrão da máscara para esta classe?**
 - * **(c) O equipamento está configurado com a máscara padrão? Caso contrário, qual o valor da máscara está sendo utilizada?**
 - * **(d) Qual a faixa de endereços IP disponível para esta rede (primeiro endereço e último endereço da faixa)?**

Exercício

(7) Complete a tabela informando o primeiro e último endereço IP de cada classe de endereços IPs

Classe	Primeiro endereço	Último endereço
A		
B		
C		
D		
E		

(8) Complete a tabela informando a máscara de rede definida para cada classe:

Classe	Máscara
A	
B	
C	

Exercício

(9) Suponha que a organização na qual voce trabalha esta sendo conectada à Internet. Para isso, a Embratel instalou uma “LP” (linha privativa de comunicação) que conecta a empresa ao backbone da rede da Embratel. Foram também fornecidas as seguintes configurações:

⇒Endereço de rede: 200.40.55.0

⇒Máscara de rede: 255.255.255.0

Responda:

- (a) Qual o primeiro endereço e o último endereço esta faixa?**
- (b) Qual o endereço de broadcast**
- (c) Quantos endereços IP existem disponíveis para serem atribuídos a interfaces de redes de equipamentos?**
- (d) Faça um esboço (desenho) lógico da rede.**
- (e) Esta faixa pertence a qual classe de endereçamento?**
- (f) A máscara fornecida é a máscara default?**

Exercício

(10) Em relação à questão anterior, suponha que voce não queira configurar uma única subrede IP e sim 3 subredes IPs:

- ⇒ Subrede de vendas: necessita aproximadamente 100 endereços
- ⇒ Subrede de desenvolvimento: necessita aproximadamente de 40 endereços
- ⇒ Subrede de administrativa: necessita aproximadamente de 50 endereços

*** Com a faixa de endereçamento que foi fornecida pela Embratel, responda:**

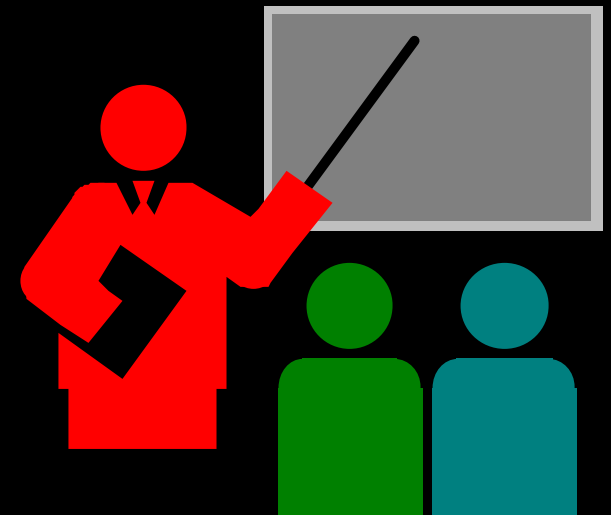
- ⇒ endereço de rede:
- ⇒ máscara de rede
- ⇒ endereço de broadcast
- ⇒ qde de endereços para equipamentos
- ⇒ utiliza a máscara default da classe?

Exercício

(11) Suponha que voce irá configurar 3 redes locais que não estarão conectadas à Internet. Neste caso, voce pode utilizar qualquer faixa de endereços IP nestas redes. Para a primeira rede utilize uma faixa de endereçamento Classe A, Classe B para a segunda, Classe C para a terceira, sempre utilizando a mascara padrão. Para cada uma das redes, defina os seguintes paramentos:

- * Endereço de rede**
- * Máscara de rede**
- * Endereço de broadcast**
- * Faixa de endereços disponíveis para serem configurados nas interfaces de rede dos computadores desta rede local**

Roteamento IP



Roteamento de pacotes IP

❑ Rotear um pacote IP

- * é a ação de receber um pacote IP e, de acordo com o endereço destino, direcionar este pacote para um outro equipamento (pela mesma interface ou por outra interface de rede)

❑ Roteadores:

- * São equipamentos especializados na tarefa de roteamento
- * Função: interconexão de redes

❑ IP forwarding

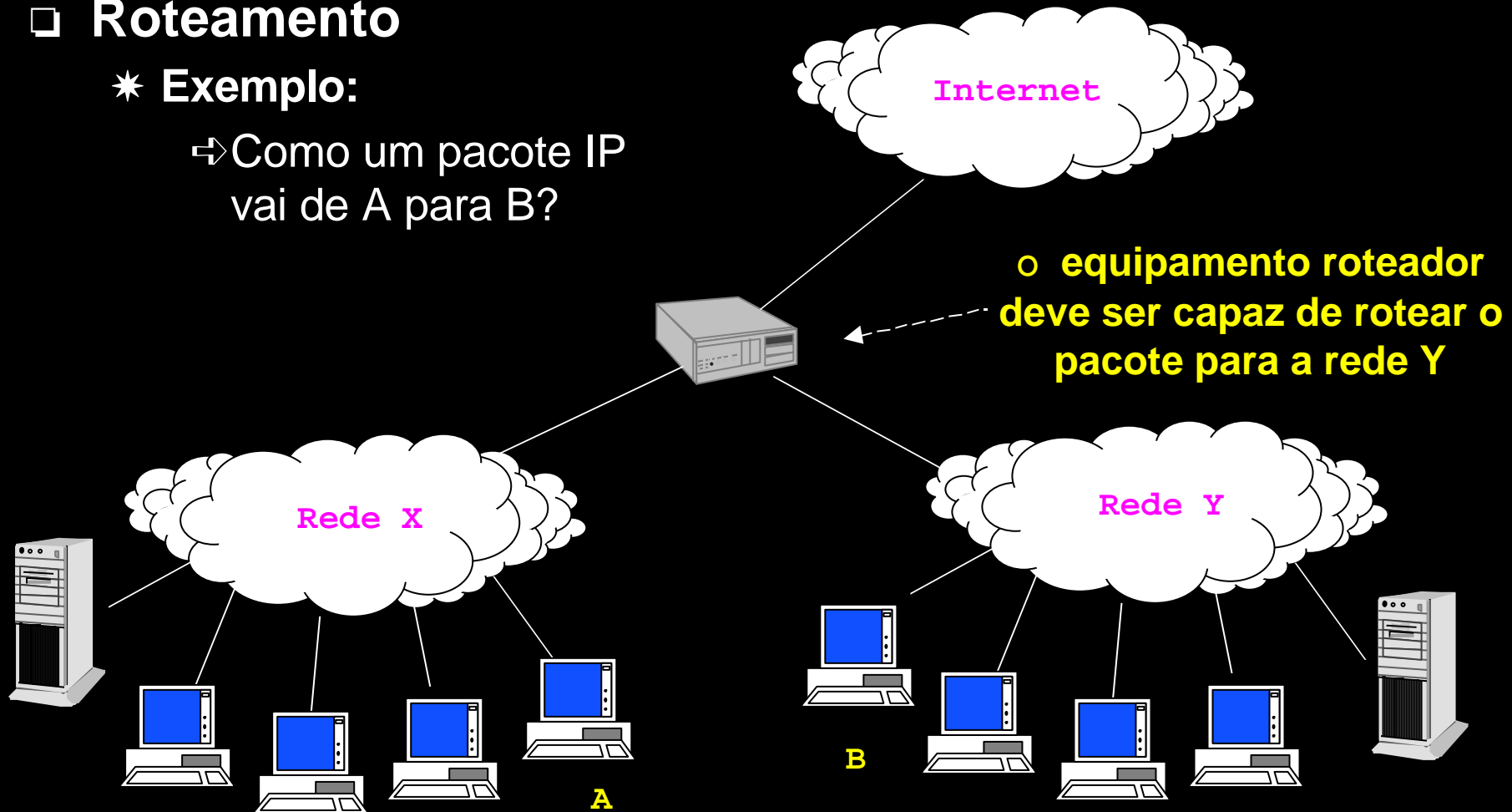
- * Um equipamento que realiza roteamento deve possuir habilitada a opção “IP forwarding”. Esta opção permite que um pacote que chega por uma interface possa ser roteado para outra interface.

Roteamento IP

□ Roteamento

* Exemplo:

⇒ Como um pacote IP vai de A para B?



Roteamento IP

❑ Roteamento de pacotes IP

- * Decisão baseada em Tabelas de Rotas
- * A cada elemento de roteamento pelo qual o pacote IP passa é tomada a decisão de “qual o caminho a ser seguido”
- * Todos os equipamentos possuem tabela de rotas

❑ Tabela de rotas

- * Cada entrada de uma tabela de rotas possui os seguintes campos
 - ⇒ Destino
 - ⇒ Mascara
 - ⇒ Gateway
 - ⇒ Opções
 - ⇒ Métrica / Custo
 - ⇒ Interface

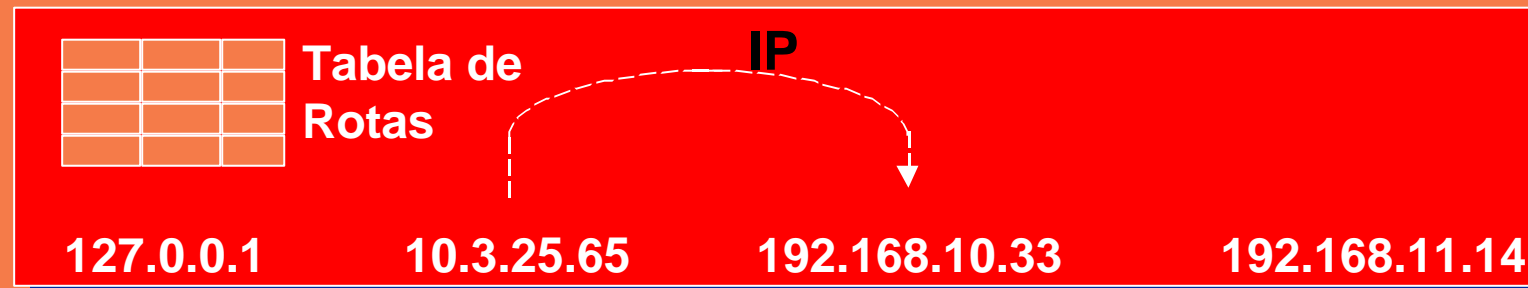
Roteamento IP

ROTEADOR

Camada de transporte



Camada de redes



Camada intra-rede



Roteamento IP

- ❑ Para verificar a tabela de rotas no sistema UNIX
 - * netstat -r
 - * netstat -rn
 - * route

- ❑ Exemplo em um sistema com uma interface ethernet (eth0) com IP 10.200.6.10:

```
# netstat -nr
```

Destino	Gateway	Mascara	Opcoes	Interface
10.200.6.10	0.0.0.0	255.255.255.255	UH	eth0
10.200.6.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	eth0
127.0.0.0	0.0.0.0	255.0.0.0	U	lo
0.0.0.0	10.200.6.254	0.0.0.0	UG	eth0

Roteamento IP

❑ Para verificar a tabela de rotas no sistema Windows:

* netstat -nr

* route PRINT

❑ Exemplo em um sistema com uma interface ethernet (eth0) com IP 10.200.6.10:

```
# netstat -nr
```

Destino	Máscara	Gateway	Interface	Custo
10.200.6.10	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
10.200.6.0	255.255.255.0	10.200.6.10	10.200.6.10	1
0.0.0.0	0.0.0.0	10.200.6.254	10.200.6.10	1

Roteamento IP

❑ Diferenças nas notações nos sistemas UNIX e Windows

* Default Gateway

⇒ Quando não é para ser enviado para um roteador (ou seja, quando o destino pode ser acessado diretamente por uma das redes ao qual está conectado):

- ◆ UNIX:

- 0.0.0.0

- ◆ Windows

- Endereço da Interface local

Roteamento IP

❑ Decisão de roteamento

- * (1) Procura por uma entrada que identifique o próprio destinatário
- * (2) Caso não encontre, procura por uma entrada que identifique a rede de destino
- * (3) Caso não encontre, procura pela entrada “default” (destino 0.0.0.0). Se existe, envia o pacote IP para o “Destino” especificado nesta entrada

Roteamento IP

❑ Campos da tabela de rotas

* Destino:

⇒ pode identificar uma rede ou um host (computador)

* Máscara

⇒ Máscara da rede (se for um computador a máscara é 255.255.255.255)

* Gateway

⇒ Próxima escala: a quem deve ser enviado o pacote IP

* Opções

⇒ U(up), H (host), G(routeador), D (dinâmica), M (modificado)

* Métrica / Custo

⇒ No caso de várias rotas possíveis, define qual deve ser escolhida

* Interface

⇒ Nome da interface ou endereço IP associada à interface pela qual o pacote deve ser transmitido

Roteamento IP - Exemplo

- ❑ Seja um computador com a seguinte configuração:

```
# /sbin/ifconfig
```

```
lo
```

```
Link encap:Local Loopback
```

```
inet addr:127.0.0.1 Bcast:127.255.255.255 Mask:255.0.0.0
```

```
eth0
```

```
Link encap:Ethernet HWaddr 00:50:4D:00:5B:A9
```

```
inet addr:10.200.6.10 Bcast:10.200.6.255 Mask:255.255.255.0
```

```
# netstat -nr
```

Destino	Gateway	Mascara	Opcoes	Interface
10.200.6.10	0.0.0.0	255.255.255.255	UH	eth0
10.200.6.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	eth0
127.0.0.0	0.0.0.0	255.0.0.0	U	lo
0.0.0.0	10.200.6.254	0.0.0.0	UG	eth0

Roteamento IP - Exemplo (cont.)

```
# netstat -nr
```

Destino	Gateway	Mascara	Opcoes	Interface
<u>10.200.6.10</u>	<u>0.0.0.0</u>	<u>255.255.255.255</u> UH		<u>eth0</u>
10.200.6.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	eth0
127.0.0.0	0.0.0.0	255.0.0.0	U	lo
0.0.0.0	10.200.6.254	0.0.0.0	UG	eth0

- ❑ Se o destino for o IP **10.200.6.10/255.255.255.255**, ou seja, o próprio endereço 10.200.6.10 (o endereço da interface IP do equipamento) o pacote deve ser enviado para a interface eth0.
- ❑ Internamente, quando a camada IP recebe um pacote IP para ser enviado para o próprio endereço, este é direcionado para a interface loopback (“lo”)

Roteamento IP - Exemplo (cont.)

```
# netstat -nr
```

Destino	Gateway	Mascara	Opcoes	Interface
10.200.6.10	0.0.0.0	255.255.255.255 UH		eth0
<u>10.200.6.0</u>	<u>0.0.0.0</u>	<u>255.255.255.0</u>	<u>U</u>	<u>eth0</u>
127.0.0.0	0.0.0.0	255.0.0.0	U	lo
0.0.0.0	10.200.6.254	0.0.0.0	UG	eth0

- ❑ Se o destino for algum IP da rede 10.200.6.0/255.255.255.0, ou seja, algum IP entre 10.200.6.0 a 10.200.6.255, enviar o pacote IP pela interface eth0 diretamente para o destino (gateway=0.0.0.0 significa que o destino esta na própria rede)

Roteamento IP - Exemplo (cont.)

```
# netstat -nr
```

Destino	Gateway	Mascara	Opcoes	Interface
10.200.6.10	0.0.0.0	255.255.255.255	UH	eth0
10.200.6.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	eth0
<u>127.0.0.0</u>	<u>0.0.0.0</u>	<u>255.0.0.0</u>	<u>U</u>	<u>lo</u>
0.0.0.0	10.200.6.254	0.0.0.0	UG	eth0

- ❑ Se o destino for algum IP da rede 127.0.0.0/255.0.0.0, ou seja, algum IP entre 127.0.0.0 a 127.255.255.255, enviar o pacote IP pela interface “lo” identificando diretamente o destino (gateway=0.0.0.0 significa que o destino esta na própria rede)

Roteamento IP - Exemplo (cont.)

```
# netstat -nr
```

Destino	Gateway	Mascara	Opcoes	Interface
10.200.6.10	0.0.0.0	255.255.255.255	UH	eth0
10.200.6.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	eth0
127.0.0.0	0.0.0.0	255.0.0.0	U	lo
<u>0.0.0.0</u>	<u>10.200.6.254</u>	<u>0.0.0.0</u>	<u>UG</u>	<u>eth0</u>

Se não for nenhuma das alternativas anteriores (0.0.0.0/0.0.0.0) enviar o pacote IP para o equipamento 10.200.6.254 (default gateway) utilizando para isto a interface eth0.

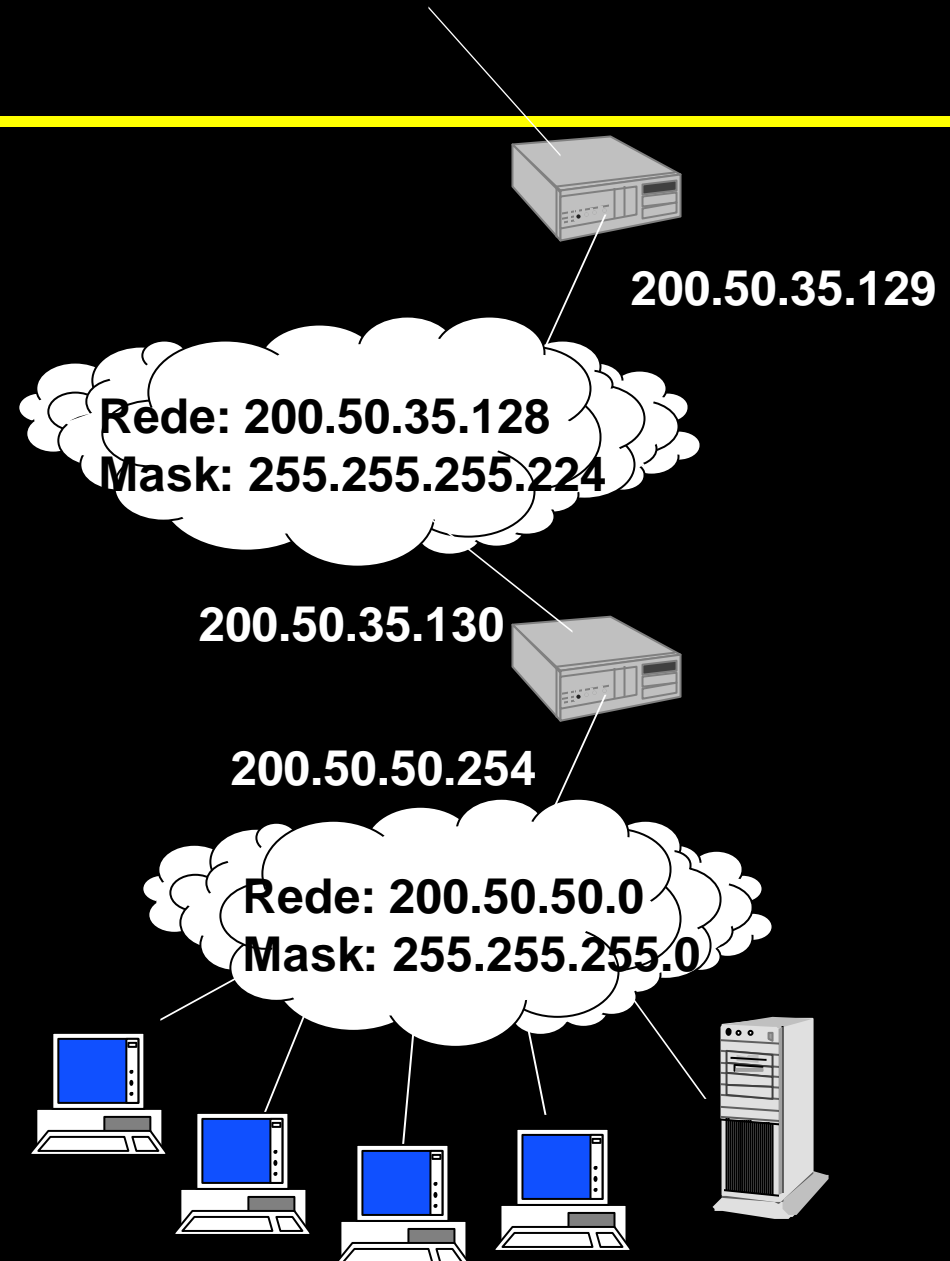
- ❑ **Destino = 0.0.0.0 significa “default”**

Exercício

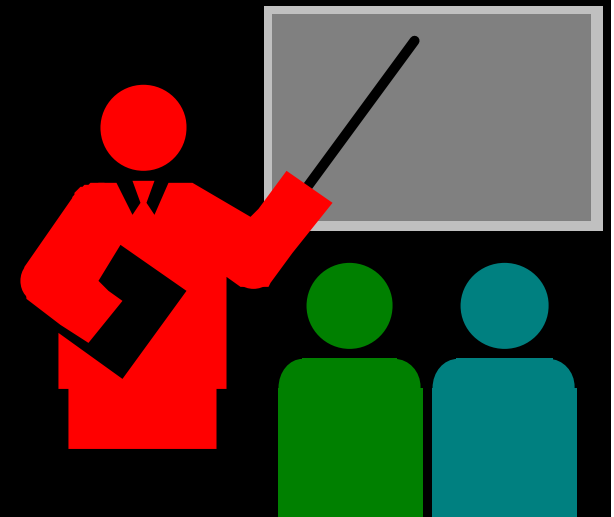
- **(12) Em relação à tabela de rotas de seu computador:**
 - * **(a) Execute o comando “netstat -r” e escreva o resultado**
 - * **(b) Descreva como está configurada a tabela de rotas do seu computador**

Exercício

(13) Mostre como deve ser configurada a tabela de rotas do roteador da figura ao lado.



Faixas de endereçamento privado



Faixas de endereçamento privado

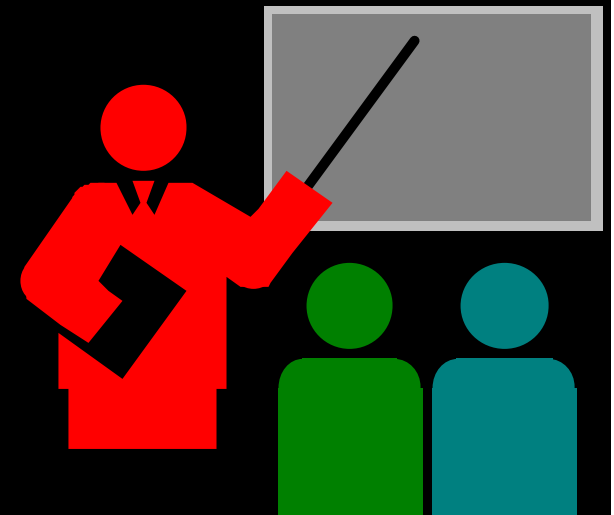
❑ Faixas de endereçamento privado

- * Existem faixas de endereçamento reservadas que não possuem roteamento na Internet
- * Definidas pela RFC 1918 - Address Allocation for Private Internets
- * Faixas de endereçamento privado:
 - ⇒ 10.0.0.0 a 10.255.255.255
 - ⇒ 172.16.0.0 a 172.31.255.255
 - ⇒ 192.168.0.0 a 192.168.255.255

Exercício

(14) Para cada faixa de endereços definida para endereçamento privado, informe a classe de endereçamento a qual pertence.

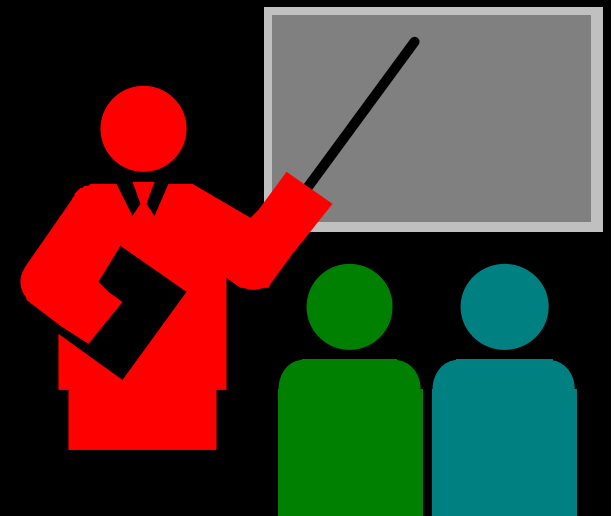
TTL - "*Time to live*"



TTL - “*Time to live*”

- ❑ **Permite definir o tempo máximo de vida de um pacote IP**
- ❑ **O tempo de vida de um pacote IP é medido em função do número de elementos de roteamento pelo qual o pacote passa**
- ❑ **Existe um campo (de 8 bits) no pacote IP onde é colocado o valor de seu TTL**
- ❑ **Toda vez que um pacote IP passa por um elemento de roteamento, seu TTL é decrementado de 1 unidade**
- ❑ **Se o valor de TTL chegar a zero, o pacote é descartado, e enviada uma mensagem de controle (pacote ICMP) para o remetente com indicando que o tempo de vida foi excedido e o pacote foi descartado**

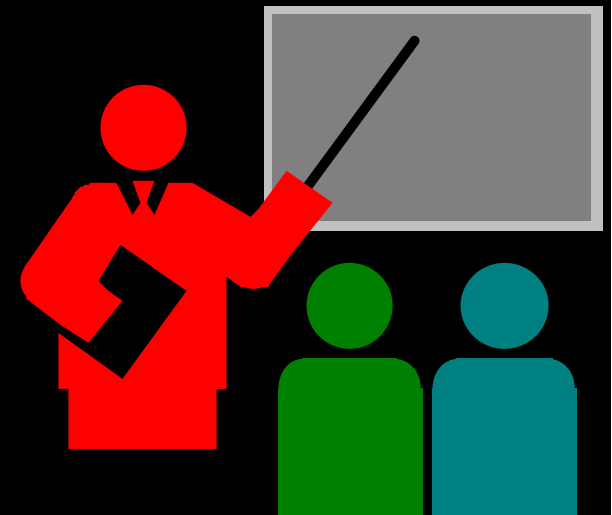
TTL - Fragmentação



TTL - Fragmentação

- ❑ Um pacote IP a ser transmitido pode ser maior que o MTU do protocolo de nível “intra-rede” (ethernet, PPP, SLIP)
- ❑ Neste caso o pacote deve ser fragmentado.
- ❑ Cada fragmento deve ser múltiplo de 8 bytes
- ❑ Cada fragmento enviado possui seu próprio cabeçalho e podem seguir por caminhos diferentes
- ❑ No destino, os fragmentos devem ser recompostos a fim de formar o pacote IP original
- ❑ Se um dos fragmentos for perdido, todos os fragmentos do pacote são descartados

Pacote IP



Pacote IP



Pacote IP

❑ Versão

- * 4 para IPv4 (versão atual)
- * 6 para IPv6 (nova versão do protocolo)

❑ Comprimento

- * Comprimento (em palavras de 32 bits) do Header, incluindo o campo “opções”

❑ TOS

- * *Type Of Service*
- * Tipo de qualidade de serviço desejada
- * bit 0: minimizar latência
- * bit 1: maximizar banda
- * bit 2: maximizar confiabilidade
- * bit 3: minimizar custo monetário
- * No máximo 1 bit pode estar ativo

Pacote IP

❑ Identificação

- * Permite identificar unicamente cada pacote IP enviado por um equipamento
- * Se um determinado pacote IP necessitar ser fragmentado, cada fragmento mantém a mesma identificação

❑ Flags

- * “mais fragmentos” - indica que não é o último fragmento
- * “não fragmentar” - não fragmentar

❑ Deslocamento do Fragmento

- * Deslocamento do fragmento (em unidades de 8 bytes) em relação ao início do pacote

Protocolo IP

❑ Comprimento Total

- * Comprimento total do pacote IP, em bytes
- * Como existem 16 bits para representar este valor, isto limita o comprimento total de um pacote IP a 65.535 bytes

❑ Time to Live (TTL)

- * Número máximo de elementos de roteamento que o pacote IP pode passar
- * Isto limita o tempo de vida do pacote IP
- * Toda vez que um pacote IP passa por um elemento de roteamento, o valor TTL presente no pacote é decrementado
- * Quando este valor chegar a 0, o pacote é descartado e enviada uma mensagem ICMP ao remetente do pacote descartado
- * Isto previne de um pacote ficar “rodando” pela internet indefinidamente

Protocolo IP

❑ Checksum do cabeçalho

- * Contém o valor do “checksum” do cabeçalho somente
- * Algoritmo de checksum utilizado:
 - ⇒ soma em complemento de 1 dos valores de 16 bits
- * Toda vez que um pacote passa por um elemento de roteamento, o valor do campo TTL é alterado, e portanto o valor do checksum precisaria ser recalculado
- * Devido ao algoritmo utilizado, basta incrementar o valor do checksum em 1

❑ Opções

- * Campo de tamanho variável utilizado para armazenar:
 - ⇒ armazenamento de rota
 - ⇒ timestamp
 - ⇒ “loose source routing”
 - ⇒ “strict source routing”

Exercício

(15) Existe um programa chamado “ping” que é utilizado para teste da comunicação entre duas máquinas.

O utilitário ping envia um pacote “ICMP echo” que é colocado em um pacote IP. Quando chega na máquina destino é enviada uma resposta.

Para utiliza-lo execute:

```
ping IP_destino
```

Exercício

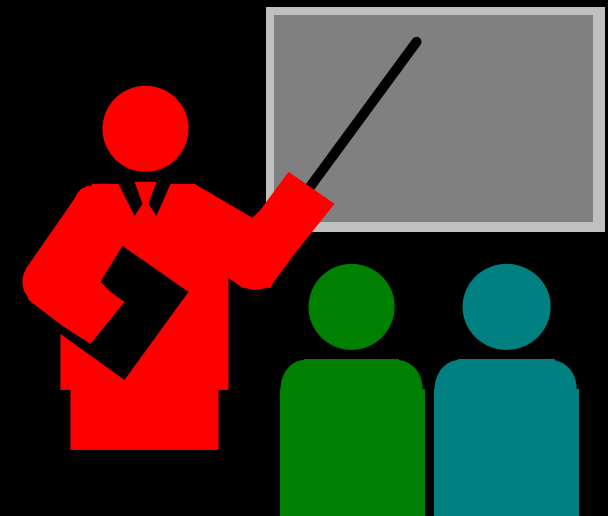
(16) Dispare o programa de captura de pacotes “Ethereal” com a seguinte configuração:

Display -> Options -> Desabilitar “Name Resolution”

Capture -> Filter -> “host <IP de sua máquina>”

- (a) Envie um pacote IP utilizando o utilitário “ping” para a máquina servidora e verifique o resultado da captura.**
- (b) Envie um pacote IP para o host 10.0.200.200 e verifique o resultado da captura.**
- (c) Envie um pacote IP para uma máquina cujo endereço “Ethernet” não esteja na “Tabela ARP” de sua máquina. Voce pode verificar sua tabela ARP com o comando “arp -a”.**

Filtros em elementos de roteamento



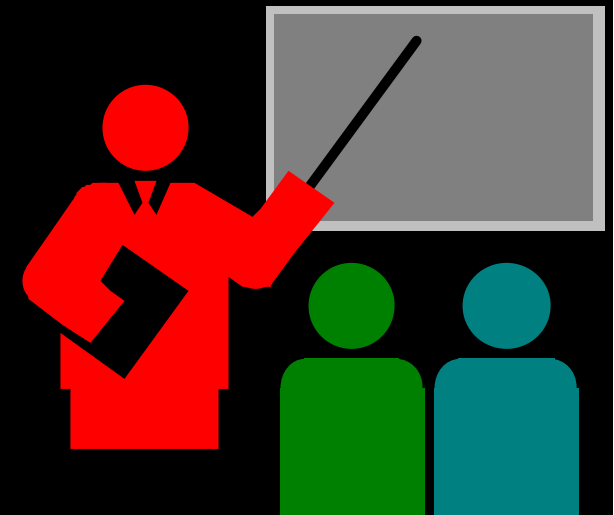
Filtros em elementos de roteamento

- ❑ **Elementos de roteamento**
 - * Roteador
 - * Unix configurado para rotear
 - * Windows NT configurador para rotear
- ❑ **A maior parte dos equipamentos de roteamento possibilitam a característica de filtrar os pacotes**
- ❑ **A filtragem pode ser realizada principalmente em dois pontos**
 - * No recebimento do pacote
 - * No envio do pacote

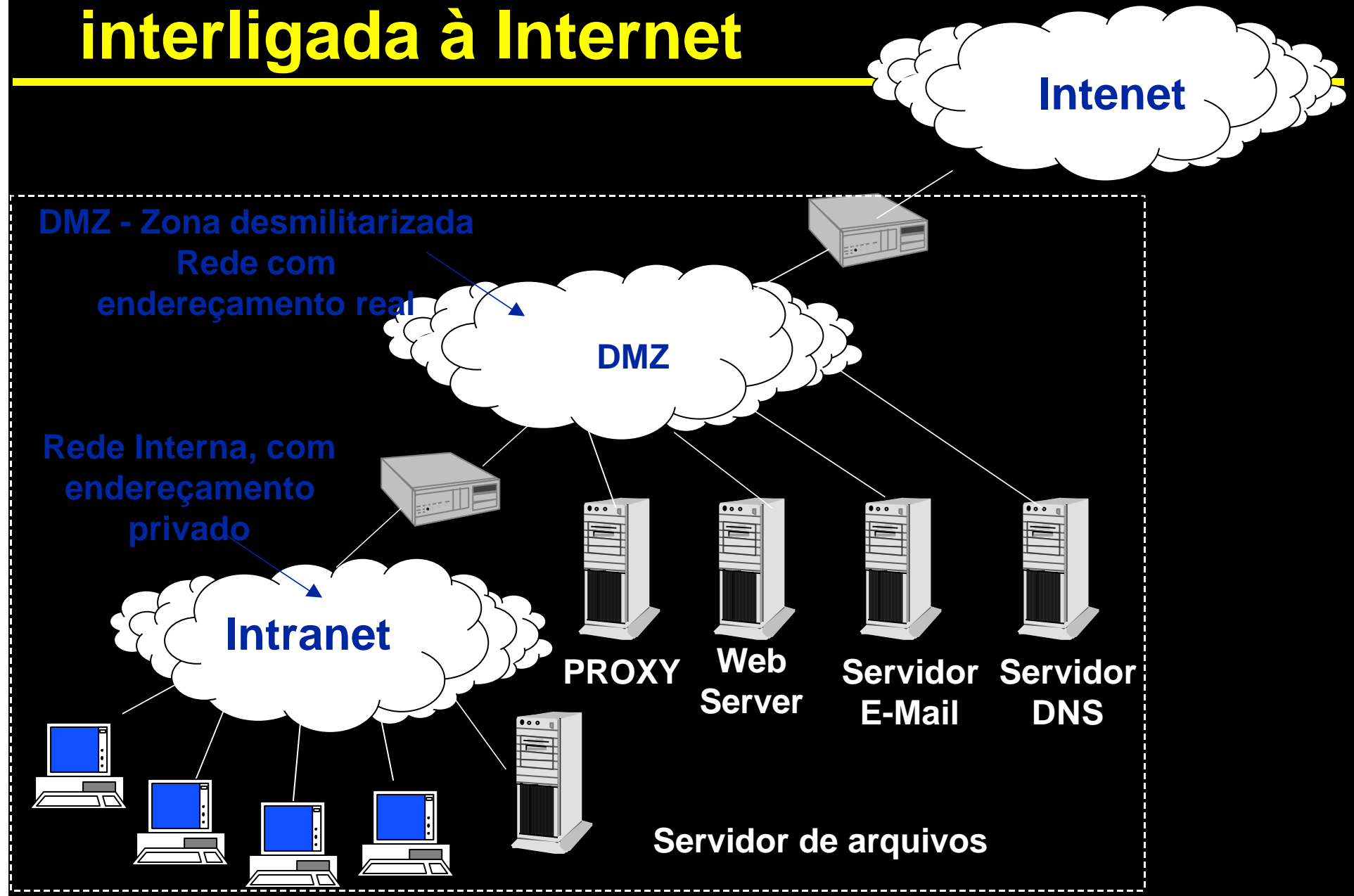
Filtros em elementos de roteamento

- ❑ **Opções para filtragem de pacotes:**
 - * **Endereço IP de origem**
 - * **Endereço IP de destino**
 - * **Pacotes fragmentados**
 - * **Pacotes com “Source Routing”**
 - * **Portas TCP**
 - * **Portas UDP**
 - * **...**

Configuração típica de uma rede interligada à Internet



Configuração típica de uma rede interligada à Internet



Exercício

(17) Suponha a empresa “XYZCorp” cujo diagrama da rede é idêntico a da figura anterior. Suponha que: A faixa de endereços fornecida pela Embratel à “XYZ Corp” é:

*** Network: 200.200.200.128**

*** Netmask: 255.255.255.192**

A rede da Embratel possui a seguinte configuração:

*** Network: 200.100.100.64**

*** Netmask: 255.255.255.224**

*** Default Gateway: 200.100.100.70**

A interface do roteador da “XYZ Corp” que se conecta a rede da Embratel deve ter seu endereço IP configurado com o valor 200.100.100.68

Exercício (cont.)

(a) Para cada rede defina:

- * End. de Rede
- * Mascara de rede
- * Endereço de Broadcast

(b) Defina o end. IP dos roteadores e dos computadores

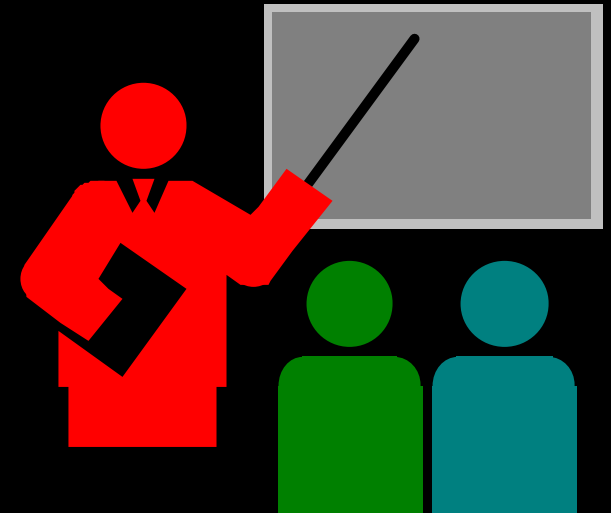
(c) Escolha um computador de cada rede e defina:

- * Endereço IP
- * Endereço de rede
- * Mascara
- * Broadcast
- * Default gateway

(d) Para cada roteador defina

- * configuração de cada interface e Tabela de rotas

Configuração



Configuração Linux (RedHat ou Conectiva)

- ❑ **/etc/sysconfig/network**
 - * NETWORKING=yes
 - * FORWARDING_IPV4=false
 - * HOSTNAME=terra.corporation.com.br
 - * DOMAINNAME=corporation.com.br
 - * GATEWAY=200.200.200.254
 - * GATEWAYDEV=eth0
- ❑ **/etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0**
 - * DEVICE=eth0
 - * IPADDR=200.200.200.200
 - * NETMASK=255.255.255.0
 - * BROADCAST=200.200.200.255
 - * ONBOOT=yes
- ❑ **/etc/hosts**
 - * 127.0.0.1 localhost.corporaton.com.br localhost
 - * 200.200.200.200 terra.corporation.com.br terra

Configuração Windows

❑ Painel de controle

* Network

⇒ Configuração:

- ◆ Cliente para redes Microsoft
- ◆ <Driver da placa de rede>
- ◆ TCP/IP

❑ Selecionar “Properties” no TCP/IP

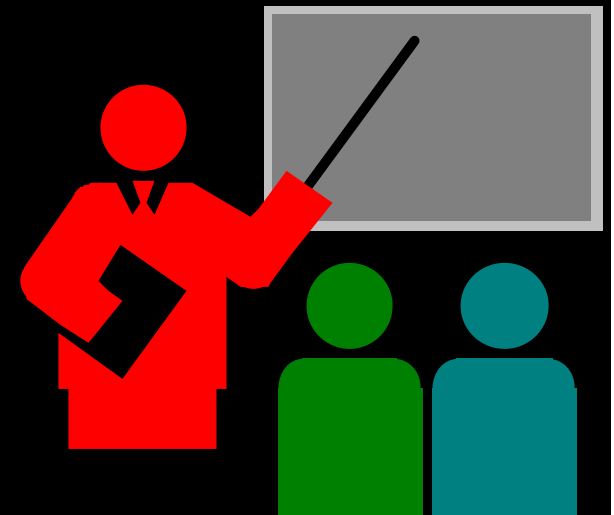
* Endereço IP

⇒ Especificar um endereço IP

- ◆ Endereço IP
- ◆ Máscara

* Gateway

Exercícios Complementares



Exercícios Complementares

- (18) Um usuário utilizando um sistema UNIX executou o comando “/sbin/ifconfig -a” e obteve a saída mostrada no slide a seguir. Para cada interface de rede informe:
 - * (a) nome da interface de rede
 - * (b) tipo da interface de rede
 - * (c) Endereço IP associado
 - * (d) Classe de endereçamento ao qual pertence
 - * (e) Está sendo utilizada a mascara padrão? Caso contrário informe qual máscara está sendo utilizada.
 - * (f) Endereço de Rede
 - * (g) Endereço de Broadcast
 - * (h) Faixa de endereços disponíveis para serem configuradas nas interfaces de rede dos equipamentos desta rede

Exercícios Complementares

```
{terra|jose} /sbin/ifconfig
```

```
lo
```

```
Link encap:Local Loopback
```

```
inet addr:127.0.0.1 Bcast:127.255.255.255 Mask:255.0.0.0
```

```
UP BROADCAST LOOPBACK RUNNING MTU:3584 Metric:1
```

```
RX packets:28 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
```

```
TX packets:28 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
```

```
collisions:0
```

```
eth0
```

```
Link encap:Ethernet HWaddr 00:50:4D:00:5B:A9
```

```
inet addr:10.0.161.116 Bcast:10.0.161.255 Mask:255.255.254.0
```

```
UP BROADCAST RUNNING PROMISC MULTICAST MTU:1500 Metric:1
```

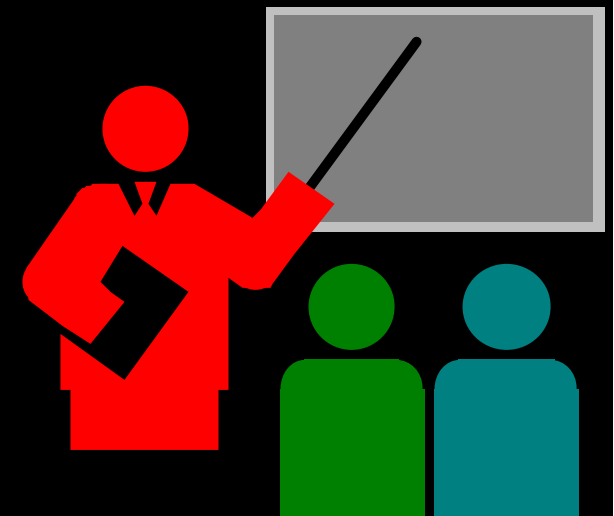
```
RX packets:70246 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
```

```
TX packets:24 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
```

```
collisions:0
```

```
Interrupt:3 Base address:0x300
```

Bibliografía deste módulo



Bibliografia deste módulo

❑ Referência principal

- * **TCP/IP Illustrated Volume 1: The Protocols.**
STEVENS, W. RICHARD.
Addison-Wesley. 1994.

❑ Referências complementares

- * **Redes de Computadores: das LANs MANs e WANs às Redes ATM.**
SOARES, LUIZ F. G.
Editora Campus. 1995
- * **Computer Networks.**
TANENBAUM, ANDREW S.
3rd edition. Prentice Hall 1996.