

## Protocolo IP

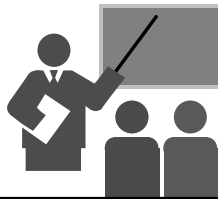
Rafael Freitas Reale  
 reale@valenca.cefetba.br  
<http://www.cefetba.br/valenca/reale>  
 Volnys Borges Bernal  
 volnys@lsi.usp.br  
<http://www.lsi.usp.br/~volnys>



## Agenda

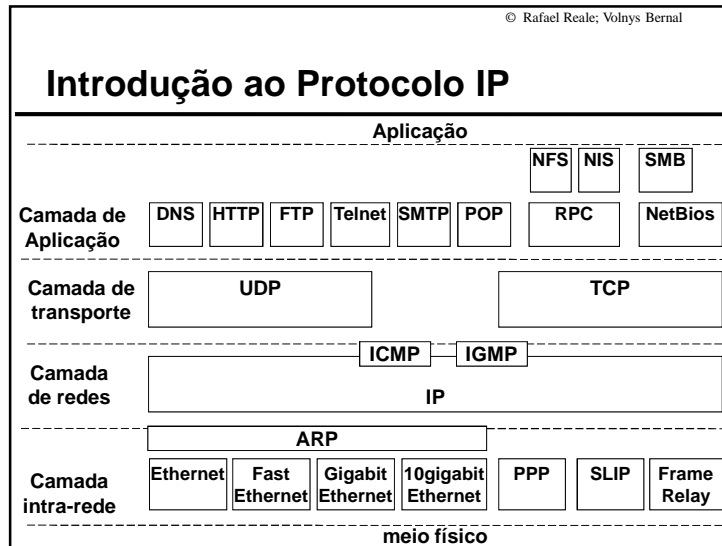
- ❑ Introdução ao protocolo IP
- ❑ Analogia: pacote IP - container
- ❑ Endereçamento IP
- ❑ Classes de endereços IP
- ❑ Roteamento de pacotes IP
- ❑ Faixas de endereçamento privado
- ❑ Time to Live
- ❑ Pacote IP
- ❑ Fragmentação IP
- ❑ Configuração típica de uma rede interligada à Internet
- ❑ Configuração de interfaces

## Introdução ao 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



© Rafael Reale; Volnys Bernal

## 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
- ❖ Serviço não confiável
  - Não há garantia de entrega do pacote IP ao destinatário
  - Os pacotes IPs podem chegar no destinatário fora de ordem
  - Problema de perdas de pacotes devem ser tratados nas camadas superiores (camada de transporte ou aplicação)
- ❖ Endereçamento
  - Os equipamentos conectados à Internet são identificados através do seu endereço IP
  - O endereço IP permite identificar de forma única qualquer equipamento na Internet

© Rafael Reale; Volnys Bernal

## Analogia: Pacote IP - Container

Ilustração de um professor em um quadro negro, apresentando a analogia de um pacote IP como um container.

© Rafael Reale; Volnys Bernal

## Analogia: pacote IP - container

❑ **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 físico que pode ser caminhão, trem, navio ou avião (equivalente aos protocolos de transporte da 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

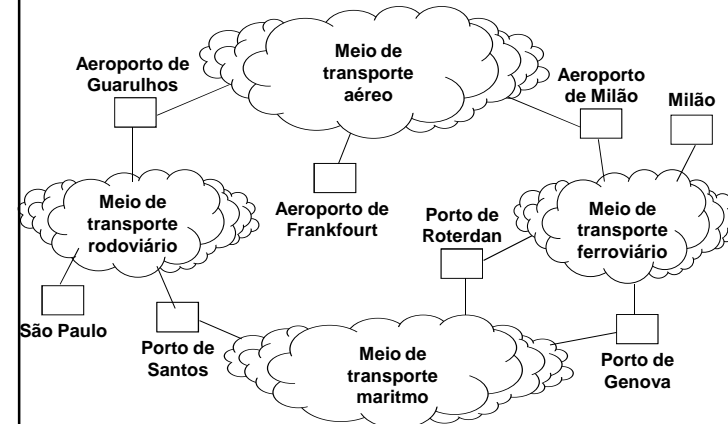
A  ----- ? ----->  B

## Analogia: pacote IP - container

### Exemplo:

- ❖ Transporte de um container de São Paulo para Milão
- ❖ O container (pacote IP) contém afixada todas as informações necessárias para chegar ao destino:
  - Origem, Destino, ....
- ❖ Para isto, inicialmente o container deve ser direcionado para diversos entrepostos até chegar ao destino final
- ❖ Os possíveis entrepostos são:
  - Terminal rodoviário
  - Terminal ferroviário
  - Aeroporto
  - Porto

## Analogia: pacote IP - container



## Analogia: pacote IP - container

- ❖ Na saída de São Paulo foram verificadas as rotas possíveis.
- ❖ O meio de transporte obrigatório é rodoviário.
- ❖ Segundo a tabela de rotas existem duas alternativas:
  - Direcionar o container ao Porto de Santos
  - Direcionar o container ao Aeroporto de Guarulhos
- ❖ Neste caso foi escolhida a rota do Porto de Santos. Para isto, o container deve ser colocado em um caminhão (pacote ethernet) que é o veículo utilizado no meio de transporte rodoviário.
- ❖ Observe que:
  - O destino do caminhão é o Porto de Santos
  - O destino do container é Milão

## Analogia: pacote IP - container

- ❖ Ao chegar ao porto de Santos 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.
- ❖ Neste caso, para chegar a Milão o container terá que ser levado de navio até o Porto de Gênova.
- ❖ Se existirem muitos containers para o Porto de Gênova, o container pode ter ser armazenado momentaneamente em um armazem (bufferização) até que possa ser embarcado em um navio com destino a Gênova.
- ❖ Se não houver espaço no armazem o container é descartado.

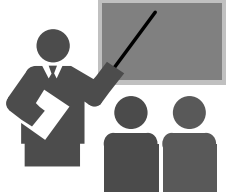
© Rafael Reale; Volnys Bernal 13

## Analogia: pacote IP - container

- ❖ Assim que disponível, o container é colocado em um navio.
- ❖ O navio (pacote FrameRelay) irá transportar o container (pacote IP) segundo as normas de transporte marítimas (protocolo FrameRelay).
- ❖ Ao chegar ao Porto de Gênova o container é retirado do navio.
- ❖ Seu destino final (Milão) é novamente analisado para verificar para onde deve ser despachado (roteamento)
- ❖ Verificando as rotas possíveis, congestionamento, etc foi estabelecido que o container deverá ser transportado por trem até seu destino final (Milão).
- ❖ O container é então colocado em um trem para milão.

© Rafael Reale; Volnys Bernal 14

## Endereçamento IP



© Rafael Reale; Volnys Bernal 15

## 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

Endereço IP

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

© Rafael Reale; Volnys Bernal 16

## Endereçamento IP

- ❑ **Para verificar o endereço IP associado às interfaces de uma máquina:**
  - ❖ UNIX
    - ifconfig -a
  - ❖ Windows
    - Ipconfig
    - Ipconfig /all

## 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

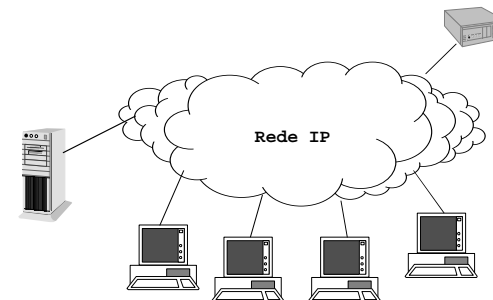
## Exercício

(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



© Rafael Reale; Volnys Bernal 21

## 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)

© Rafael Reale; Volnys Bernal 21

## Endereçamento IP

---

❑ **Mascara de rede (cont.)**

- ❖ 4 bytes
- ❖ Formação:
  - Sequencia de 1s seguido de uma seqüência de 0s
- ❖ Exemplo:
  - Mascara = 255.255.0.0

Máscara de rede	255	255	0	0	(dec)
	1111 1111	1111 1111	0000 0000	0000 0000	(bin)
	← Parte que Identifica a Rede		← Parte que Identica o host		

© Rafael Reale; Volnys Bernal 21

## Endereçamento IP

---

❑ **Mascara de Rede:**

- ❖ Exemplo
  - Endereço IP : 200.65.33.143
  - Mascara de rede : 255.255.0.0

IP: 200.65.33.143	1100 1000	0100 0001	0010 0001	1000 1111	(bin)
Mascara: 255.255.0.0	1111 1111	1111 1111	0000 0000	0000 0000	(bin)
	← Ident. Rede		← Ident. host		

© Rafael Reale; Volnys Bernal 21

## 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)?

© Rafael Reale; Volnys Bernal 23

## Endereçamento IP

❑ **Endereço de Rede**

- ❖ 4 bytes
- ❖ Identifica de forma única uma rede na internet
- ❖ “Identificação da rede” + zeros
- ❖ Primeiro endereço IP da rede: reservado p/ identif. da rede)

IP: 200.65.33.143    1100 1000    0100 0001    0010 0001    1000 1111 (bin)

Mascara: 255.255.128.0    1111 1111    1111 1111    0000 0000    0000 0000 (bin)

1100 1000    0100 0001    0010 0001    1000 1111 (bin)

## Exercício

**(4) Em relação à configuração de rede de seu computador, para cada interface de rede responda:**

- Nome da interface
- Endereço IP
- Qual o endereço de rede associado?
- Qual o endereço de broadcast?
- O primeiro endereço desta faixa pode ser utilizado para identificar uma interface de um computador? Explique!
- 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 : 192.168.10.33
- Mascara de rede : 255.255.255.0

Responda:

- Qual o endereço de rede?
- Qual o endereço de broadcast?
- Qual a faixa de endereçamento desta rede?
- Quantas interfaces de rede de computador podem ser configuradas nesta rede?

## Exercício

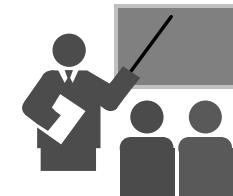
**(6) Seja uma rede IP com a seguinte configuração:**

- End. Rede : 192.68.0.0
- Máscara : 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





© Rafael Reale; Volnys Bernal 33

## 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 DIMINUIR O TAMANHO DA FAIXA DE ENDEREÇOS, nunca aumentar.
- ❖ 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.

© Rafael Reale; Volnys Bernal 34

## Classes de Endereçamento IP

❑ **Classes de endereços IPs**

Class A: Ident. Rede (0???? ?????) Ident. host (???? ?????) (???? ?????) (???? ?????)

Class B: Ident. Rede (10?? ?????) Ident. host (???? ?????) (???? ?????) (???? ?????)

Class C: Ident. Rede (110? ?????) Ident. host (???? ?????) (???? ?????) (???? ?????)

Class D: Grupo Multicast (1110 ?????) (???? ?????) (???? ?????) (???? ?????)

Class E: Reservado para uso futuro (1111 ?????) (???? ?????) (???? ?????) (???? ?????)

© Rafael Reale; Volnys Bernal 35

## Classes de Endereçamento IP

❑ **Classes de endereços IPs**

	Gama de Endereços	N.º Endereços por Rede
Classe A	1.0.0.0 até 127.255.255.255	16 777 216
Classe B	128.0.0.0 até 191.255.255.255	65 536
Classe C	192.0.0.0 até 223.255.255.255	256
Classe D	224.0.0.0 até 239.255.255.255	multicast
Classe E	240.0.0.0 até 247.255.255.255	uso futuro

© Rafael Reale; Volnys Bernal 36

## 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?

## 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 corporação na qual voce trabalha esta sendo conectada à Internet. Para possibilitar a interconexão dos servidores da corporação a Embratel forneceu um conjunto de endereços IPs, definidos pelas configurações a seguir:**

- ❖ Endereço de rede: 200.40.55.0
- ❖ Máscara de rede: 255.255.255.0

**Responda:**

- (a) Qual o primeiro endereço e o último endereço desta 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 mascara fornecida é a mascara *default*?

## Exercício

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

- ❖ Subrede area automobilistica:
  - necessita aproximadamente 100 endereços
- ❖ Subrede area bancária:
  - necessita aproximadamente de 40 endereços
- ❖ Subrede area consórcio:
  - necessita aproximadamente de 50 endereços

**Organize estas redes utilizando a faixa de endereçamento que foi fornecida pela Embratel e, para cada subrede, defina:**

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

## Exercícios

**(10b) Qual a faixa de endereços definida pela seguinte configuração:**

- ❖ Endereço de rede: 0.0.0.0
- ❖ Máscara de rede: 0.0.0.0

**(10c) Qual a faixa de endereços definida pela seguinte configuração:**

- ❖ Endereço: 192.168.35.4
- ❖ Máscara: 255.255.255.255

© Rafael Reale; Volnys Bernal 4

---

## Faixas de endereçamento privado



© Rafael Reale; Volnys Bernal 4

---

## Faixas de endereçamento privado

- ❑ Existem faixas de endereçamento reservadas que não possuem roteamento na Internet
- ❑ Definidas pela RFC 1918 - “*Address Allocation for Private Internets*”
- ❑ Como o próprio nome indica, estas faixas de endereço IP foram reservadas para serem utilizadas livremente em redes internas (privativas) das corporações.
- ❑ As faixas de endereçamento privado definidas pela IETF são:
  - 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
- ❑ Não existe rota configurada na Internet para estas faixas de endereçamento.

© Rafael Reale; Volnys Bernal 4

---

## Exercício

(13) Para cada faixa de endereços definida para endereçamento privado (RFC 1918) responda:


- A qual classe de endereçamento a qual pertence?

(a) Qual a máscara default?

© Rafael Reale; Volnys Bernal 4

---

## Roteamento de Pacotes IP



© Rafael Reale; Volnys Bernal 43

## Roteamento de Pacotes IP

- ❑ **Rotear um pacote IP**
  - ❖ É a ação de receber um pacote IP e, de acordo com o endereço IP de 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**
  - ❖ Em equipamentos com várias interfaces de rede, para permitir que um pacote IP seja repassado de uma interface para outra deve estar habilitada a opção "IP forwarding".

© Rafael Reale; Volnys Bernal 44

## Roteamento de Pacotes IP

- ❑ **Exemplo:**
  - ❖ Como um pacote IP flui de A para B?

❖ equipamento roteador deve ser capaz de rotear pacotes entre as redes

© Rafael Reale; Volnys Bernal 45

## Roteamento de Pacotes IP

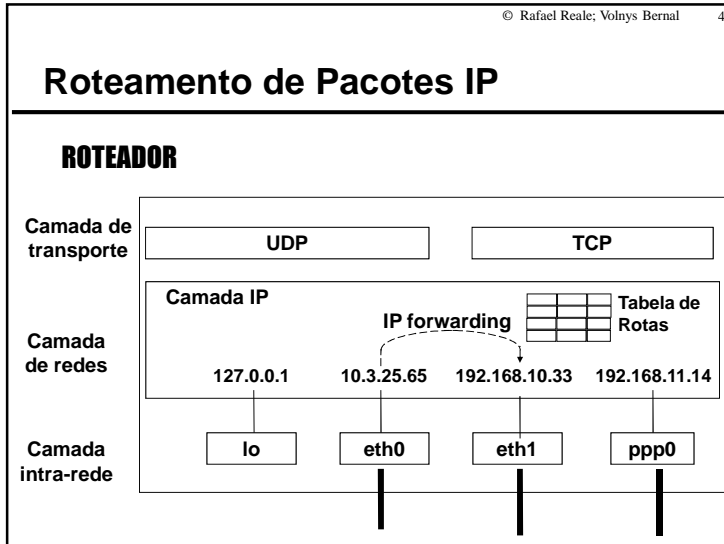
Verifica a tabela de rotas

Realiza "IP forwarding" e verifica a tabela de rotas

© Rafael Reale; Volnys Bernal 46

## Roteamento de Pacotes IP

- ❑ **Roteamento de pacotes IP**
  - ❖ Decisão baseada em Tabelas de Rotas
  - ❖ No momento em que um pacote chega a um elemento de roteamento é tomada a decisão de "qual o proximo 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



© Rafael Reale; Volnys Bernal 50

## Roteamento de Pacotes 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
```

© Rafael Reale; Volnys Bernal 51

## Roteamento de Pacotes 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
```

© Rafael Reale; Volnys Bernal 52

## Roteamento de Pacotes IP

- ❑ Decisão de roteamento
  - (1) Procura por uma entrada que identifique o próprio destinatário
    - Endereço IP do host, mascara 255.255.255.255
  - (2) Caso não encontre, procura por uma entrada que identifique a rede de destino
    - Endereço IP da rede, mascara da rede
  - (3) Caso não encontre, procura pela entrada "default"
    - rede 0.0.0.0, mascara 0.0.0.0

## Roteamento de Pacotes 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(roteador), 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
10.200.6.100 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
```

- ❑ 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
10.200.6.100 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
```

- ❑ 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)

© Rafael Reale; Volnys Bernal 57

### Roteamento IP - Exemplo (cont.)

---

```
# netstat -nr
Destino Gateway Mascara Opcoes Interface
10.200.6.100.0.0.0 255.255.255.255 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
```

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)

© Rafael Reale; Volnys Bernal 58

### Roteamento IP - Exemplo (cont.)

---

```
# netstat -nr
Destino Gateway Mascara Opcoes Interface
10.200.6.100.0.0.0 255.255.255.255 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
```

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 default:  
 ❖ Destino = 0.0.0.0 + mascara 0.0.0.0

© Rafael Reale; Volnys Bernal 59

### Exercício

---

(11) 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

© Rafael Reale; Volnys Bernal 60

### Exercício

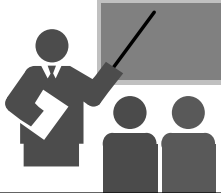
---

(12) Mostre como deve ser configurada a tabela de rotas do roteador 1.

Considere que o roteador possui interface loopback.

© Rafael Reale; Volnys Bernal 6

## TTL - “Time to live”




© Rafael Reale; Volnys Bernal 6

## 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

© Rafael Reale; Volnys Bernal 6

## Pacote IP



© Rafael Reale; Volnys Bernal 6

## Pacote IP

Cabeçalho IP	versão (4 bits)	compr (4 bits)	TOS (8 bits)	comprimento total (16 bits)		20 bytes	
	identificação (16 bits)			flags (3 bits)	deslocamento do fragmento (13 bits)		
	time to live (8 bits)	protocolo (8 bits)		checksum do cabeçalho (16 bits)			
	Endereço IP do remetente (32 bits)						
Endereço IP do destinatário (32 bits)						Carga	
opções (opcional)							
dados							



© Rafael Reale; Volnys Bernal 65

## 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**
  - ❖ Define o 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

© Rafael Reale; Volnys Bernal 66

## Pacote 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
- ❑ **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

© Rafael Reale; Volnys Bernal 67

## Pacote IP

- ❑ **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

© Rafael Reale; Volnys Bernal 68

## Pacote IP

- ❑ **Time to Live (TTL)**
  - ❖ Número máximo de elementos de roteamento que o pacote IP pode passar
  - ❖ Permite limitar o "tempo de vida" de um pacote IP na rede
  - ❖ 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 "circulando" pela internet indefinidamente

© Rafael Reale; Volnys Bernal 69

## Pacote IP

- ❑ **Protocolo**
  - ❖ ICMP, IGMP
  - ❖ TCP, UDP,
  - ❖ ...
- ❑ **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

© Rafael Reale; Volnys Bernal 70

## Pacote IP

- ❑ **Endereço IP do remetente**
- ❑ **Endereço IP do destinatário**
- ❑ **Opções**
  - ❖ Campo de tamanho variável utilizado para armazenar:
    - armazenamento de rota
    - timestamp
    - “*loose source routing*”
    - “*strict source routing*”

© Rafael Reale; Volnys Bernal 71

## Exercício

**(14) 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
```

© Rafael Reale; Volnys Bernal 72

## Exercício

**(15) 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. Você pode verificar sua tabela ARP com o comando “arp -a”.**

© Rafael Reale; Volnys Bernal 73

## Fragmentação IP



© Rafael Reale; Volnys Bernal 74

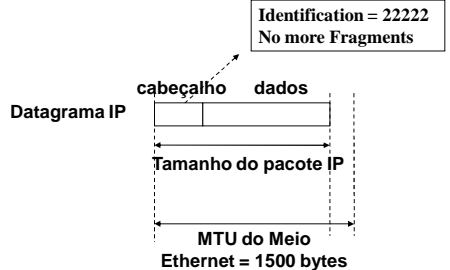
## Fragmentação IP

- ❑ 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 (64 bits) (exceto o último fragmento)
- ❑ Cada fragmento enviado possui seu próprio cabeçalho e pode 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

© Rafael Reale; Volnys Bernal 75

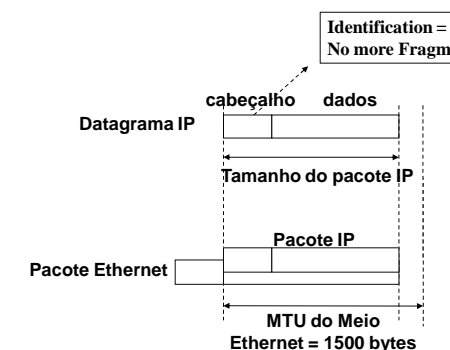
## Fragmentação IP

- ❑ Exemplo 1
  - ❖ Transmissão sem fragmentação sobre Ethernet



© Rafael Reale; Volnys Bernal 76

## Fragmentação IP



© Rafael Reale; Volnys Bernal 7

## Fragmentação IP

❑ Exemplo 2

- ❖ Transmissão com fragmentação sobre Ethernet

Identification = 55555  
 cabeçalho      dados  
 Datagrama IP  
 Tamanho do pacote IP = 3960 bytes  
 MTU do Meio Ethernet = 1500 bytes

© Rafael Reale; Volnys Bernal 78

## Fragmentação IP

1480 bytes = 185 x 8 bytes  
 2960 bytes = 370 x 8 bytes  
 Datagrama IP      cabeçalho      dados  
 Pacote Ethernet      Pacote IP      Pacote IP      Pacote IP

© Rafael Reale; Volnys Bernal 79

## Fragmentação IP

Identification = 55555  
 Total Length = 1500  
 Fragment = 0  
 More fragments  
 Pacote Ethernet      Pacote IP      Pacote IP      Pacote IP  
 20 bytes      1480 bytes      20 bytes      1480 bytes  
 Identification = 55555  
 Total Length = 1500  
 Fragment = 185  
 More fragments  
 Identification = 55555  
 Total Length = 1020  
 Fragment = 370  
 No more fragments  
 20 bytes      1000 bytes

$1480 + 1480 + 1000 = 3960$   
 Fragment = 0 → Desloc. = 0 x 8 bytes = 0 bytes  
 Fragment = 185 → Desloc. = 185 x 8 bytes = 1480 bytes  
 Fragment = 360 → Desloc. = 370 x 8 bytes = 2960 bytes

© Rafael Reale; Volnys Bernal 80

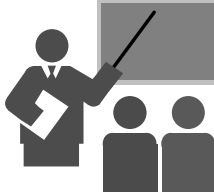
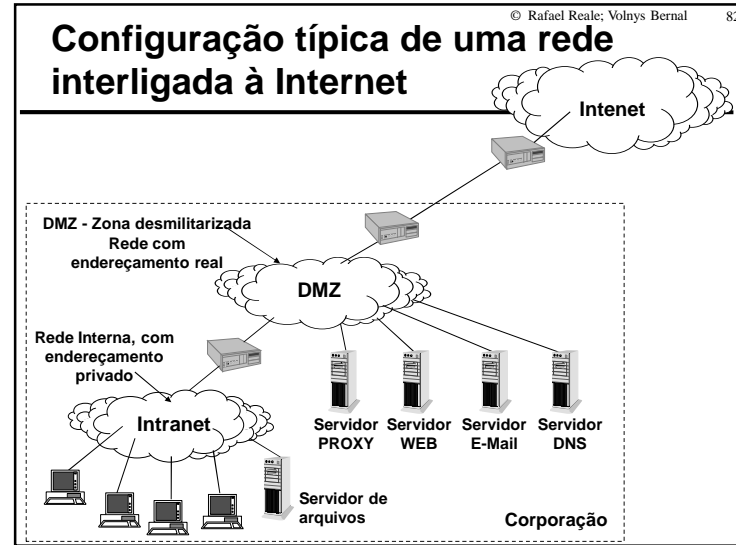
## Fragmentação IP

❑ Quando um pacote é fragmentado:

- ❖ Todos os fragmentos terão o mesmo número "identification". Identification identifica unicamente um pacote IP de uma mesma origem.
- ❖ Todos os fragmentos contém o bit "more fragments" ativo, exceto o último bit.
- ❖ O campo "fragment offset" contém o deslocamento (em múltiplo de 8 bytes) da área de dados do datagrama IP original.
- ❖ O campo "total length" contém o tamanho total de cada fragmento.

© Rafael Reale; Volnys Bernal 8

## Configuração típica de uma rede interligada à Internet

© Rafael Reale; Volnys Bernal 8

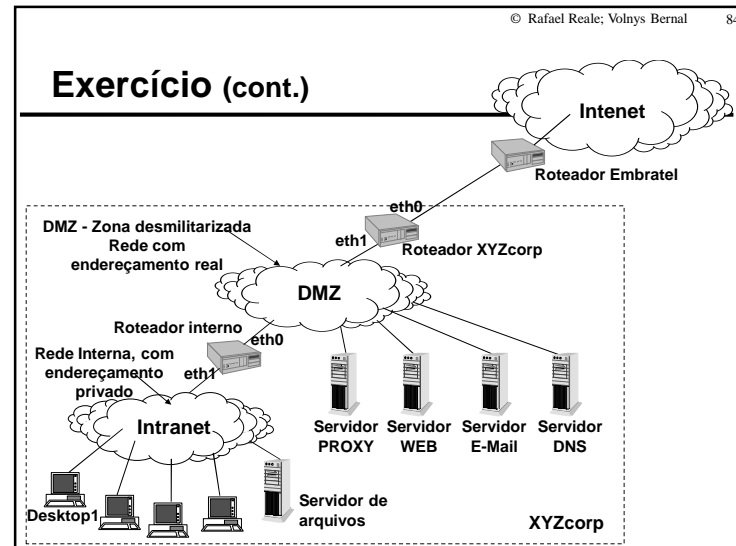
## Exercício

(16) Uma empresa "XYZcorp", cujo diagrama da rede está apresentado na figura a seguir, possui a seguinte faixa de endereços alocada pela Embratel para seus servidores:

- ❖ Network: 200.200.200.128
- ❖ Netmask: 255.255.255.192

Além disso, o roteador da XYZcorp está interligado a um roteador da Embratel. Para a configuração deste enlace, a Embratel informou a seguinte configuração:

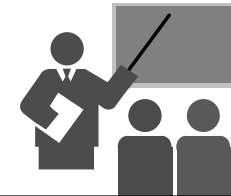
- ❖ Network: 200.100.100.64
- ❖ Netmask: 255.255.255.224
- ❖ Default Gateway: 200.100.100.70 (IP do roteador da Embratel)
- ❖ IP para o roteador da XYZcorp: 200.100.100.68 (este endereço deve ser atribuído à interface do roteador da "XYZ Corp" que se conecta a rede da Embratel)



## Exercício (cont.)

- (a) Para cada rede (Intranet, DMZ, XYZcorp-Embratel) defina:
- ❖ Network, Netmask, Broadcast, quantidade de endereços IP disponíveis para configurar equipamentos
- (b) Para cada computador defina:
- ❖ Para cada interface (eth0 e lo) defina:
    - Endereço IP, Network, Netmask, Broadcast
  - ❖ Default gateway (será utilizado na tabela de rotas)
- (c) Para o roteador interno e o roteador XYZcorp defina:
- ❖ Para cada interface:
    - Endereço IP, Network, Netmask, Broadcast
  - ❖ Tabela de rotas

## Configuração de interfaces



## Configuração Linux (RedHat ou Conectiva)


- ❑ **/etc/sysconfig/network**
  - ❖ NETWORKING=yes
  - ❖ FORWARDING\_IPV4=false
  - ❖ HOSTNAME=terra.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

© Rafael Reale; Volnys Bernal 89

## Exercícios Complementares



© Rafael Reale; Volnys Bernal 90

## Exercícios Complementares

(17) 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:

- nome da interface de rede
- tipo da interface de rede
- Endereço IP associado
- Classe de endereçamento ao qual pertence
- Está sendo utilizada a mascara padrão?  
Caso contrário informe qual máscara está sendo utilizada.
- Endereço de Rede
- Endereço de Broadcast
- Faixa de endereços disponíveis para serem configuradas nas interfaces de rede dos equipamentos desta rede


© Rafael Reale; Volnys Bernal 91

## 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
```

© Rafael Reale; Volnys Bernal 92

## Bibliografia 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.