


Volnys B. Bernal (c) 1

---

## Tecnologia de Redes

### Protocolo IP

Volnys Borges Bernal  
volnys@lsi.usp.br  
http://www.lsi.usp.br/~volnys



Volnys B. Bernal (c) 2

---

## Agenda

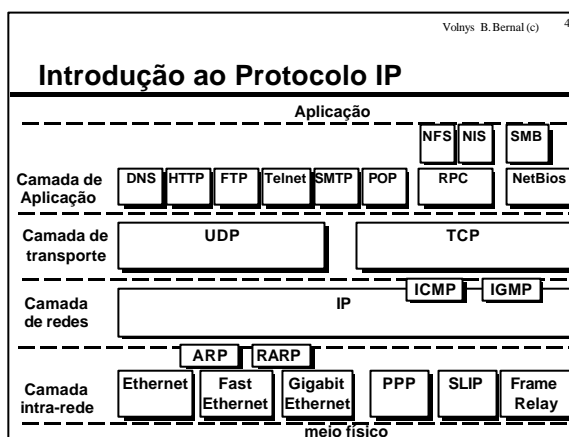
- ❑ Introdução ao protocolo IP
- ❑ Endereçamento IP
- ❑ Classes de endereços IP
- ❑ Roteamento IP
- ❑ Protocolo IP

Volnys B. Bernal (c) 3

---

## Introdução ao Protocolo IP

- ❑ O que é o protocolo IP?
  - \* IP = "Internet Protocolo"
  - \* Protocolo de camada de rede utilizado na Internet (pilha TCP/IP)
- ❑ Objetivo
  - \* Permitir a transmissão de mensagens entre duas máquinas quaisquer na Internet



Volnys B. Bernal (c) 5

---

## Introdução ao Protocolo IP

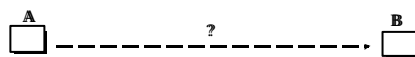
- ❑ Características
  - \* **Datagrama (não orientado a conexão)**
    - ⇨ Não é necessário estabelecer conexão antes do envio de um pacote IP
    - ⇨ Os pacotes IPs podem ser enviados a qualquer momento
    - ⇨ Os pacotes IPs podem chegar no destinatário fora de ordem
  - \* **Serviço não confiável**
    - ⇨ 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

Volnys B. Bernal (c) 6

---

## 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



Volnys B. Bernal (c) 7

## 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)

Volnys B. Bernal (c) 8

## 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.

Volnys B. Bernal (c) 9

## 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.

Volnys B. Bernal (c) 10

## Endereçamento IP



Volnys B. Bernal (c) 11

## 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: 200.65.33.143

End. IP    

200	65	33	143
-----	----	----	-----

 (dec)

1100 1000	0100 0001	0010 0001	1000 1111
-----------	-----------	-----------	-----------

 (bin)

Volnys B. Bernal (c) 12

## Endereçamento IP

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

- \* UNIX
  - ⇨ /sbin/ifconfig -a
- \* Windows
  - ⇨ ipconfig -a
  - ⇨ winipcfg

Volnys B. Bernal (c) 13

## 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
```

Volnys B. Bernal (c) 14

## 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

Volnys B. Bernal (c) 15

## Exercício

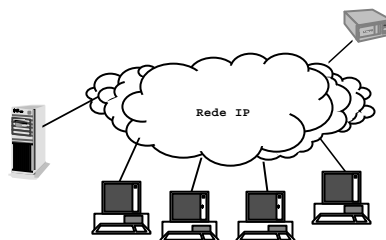
□ (2) Indique quais dos valores relacionados a seguir correspondem a endereços IP válidos.

- \* 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

Volnys B. Bernal (c) 16

## Endereçamento IP

□ Rede IP



Volnys B. Bernal (c) 17

## 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 sequência de 0s
- \* Exemplo: 255.255.128.0

Máscara de rede	255	255	128	0	(dec)
	1111 1111	1111 1111	1000 0000	0000 0000	(bin)
<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <span>← Parte que Identifica a Rede</span> <span>← Parte que Identifica o host</span> </div>					

Volnys B. Bernal (c) 18

## Endereçamento IP

□ Máscara de Rede: Exemplo

- \* Endereço IP : 200.65.33.143
- \* Máscara de rede: 255.255.128.0

IP: 200.65.33.143	1100 1000	0100 0001	0010 0001	1000 1111	(bin)
	1111 1111	1111 1111	1000 0000	0000 0000	(bin)
Máscara 255.255.128.0	1100 1000	0100 0001	0010 0001	1000 1111	(bin)
<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <span>← Ident. Rede</span> <span>← Ident. host</span> </div>					

Volnys B. Bernal (c) 19

## 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)?

Volnys B. Bernal (c) 20

## 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)

IP: 200.65.33.143

1100 1000	0100 0001	0010 0001	1000 1111	(bin)
-----------	-----------	-----------	-----------	-------

Mascara 255.255.128.0

1111 1111	1111 1111	1000 0000	0000 0000	(bin)
-----------	-----------	-----------	-----------	-------

1100 1000	0100 0001	0 010 0001	1000 1111	(bin)
Ident. Rede		Ident. host		

End. de rede 200.65.0.0

1100 1000	0100 0001	0000 0000	0000 0000	(bin)
-----------	-----------	-----------	-----------	-------

Volnys B. Bernal (c) 21

## 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

IP: 200.65.33.143

1100 1000	0100 0001	0010 0001	1000 1111	(bin)
-----------	-----------	-----------	-----------	-------

Mascara 255.255.128.0

1111 1111	1111 1111	1000 0000	0000 0000	(bin)
-----------	-----------	-----------	-----------	-------

1100 1000	0100 0001	0 010 0001	1000 1111	(bin)
Ident. Rede		Ident. host		

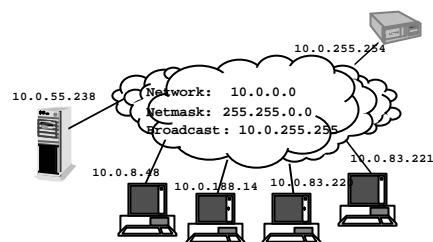
end. broadcast 200.65.0127.255

1100 1000	0100 0001	0111 1111	1111 1111	(bin)
-----------	-----------	-----------	-----------	-------

Volnys B. Bernal (c) 22

## Endereçamento IP

- ❑ Exemplo:



Volnys B. Bernal (c) 23

## 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

Volnys B. Bernal (c) 24

## 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!

Volnys B. Bernal (c) 25

### Exercício

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

→ Endereço IP : 192.68.10.33  
 → Máscara 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?

Volnys B. Bernal (c) 26

### 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

Volnys B. Bernal (c) 27

## Classes de Endereçamento IP



Volnys B. Bernal (c) 28

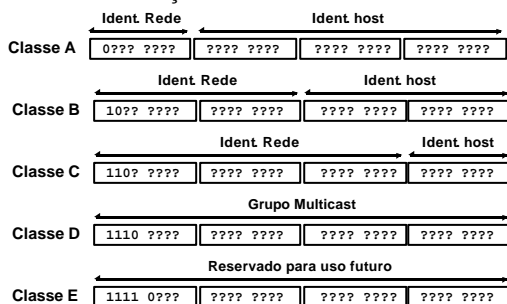
### Classes de Endereçamento IP

- 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.

Volnys B. Bernal (c) 29

### Classes de Endereçamento IP

- Classes de endereços IPs



Volnys B. Bernal (c) 30

### Exercício

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

- A qual classe de endereços pertence?
- Qual o valor padrão da máscara para esta classe?
- O equipamento está configurado com a máscara padrão? Caso contrário, qual o valor da máscara está sendo utilizada?
- Qual a faixa de endereços IP disponível para esta rede (primeiro endereço e último endereço da faixa)?

Volnys B. Bernal (c) 31

### 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	

Volnys B. Bernal (c) 32

### Exercício

(9) Suponha que a organização na qual você trabalha está 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 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 máscara fornecida é a máscara default?

Volnys B. Bernal (c) 33

### Exercício

(10) Em relação à questão anterior, suponha que você 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?

Volnys B. Bernal (c) 34

### Exercício

(11) Suponha que você irá configurar 3 redes locais que não estarão conectadas à Internet. Neste caso, você 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 máscara padrão. Para cada uma das redes, defina os seguintes parâmetros:

- \* 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

Volnys B. Bernal (c) 35

## Roteamento IP



Volnys B. Bernal (c) 36

## 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.

Volnys B. Bernal (c) 37

## Roteamento IP

❑ Roteamento

- \* Exemplo:
  - Como um pacote IP vai de A para B?

o equipamento roteador  
deve ser capaz de rotear o pacote para a rede Y

Volnys B. Bernal (c) 38

## 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

Volnys B. Bernal (c) 39

## Roteamento IP

ROTEADOR

Camada de transporte: UDP, TCP

Camada de rede: Tabela de Rotas

Camada intra-rede: lo, eth0, eth1, ppp0

Volnys B. Bernal (c) 40

## 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
```

Volnys B. Bernal (c) 41

## 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      Mascara      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
```

Volnys B. Bernal (c) 42

## 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

Volnys B. Bernal (c) 43

## 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

Volnys B. Bernal (c) 44

## 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 encaminhado

Volnys B. Bernal (c) 45

## 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
```

Volnys B. Bernal (c) 46

## 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
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")

Volnys B. Bernal (c) 47

## 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
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 está na própria rede)

Volnys B. Bernal (c) 48

## 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
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 está na própria rede)



Volnys B. Bernal (c) 49

### 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
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 = 0.0.0.0 significa “default”

Volnys B. Bernal (c) 50

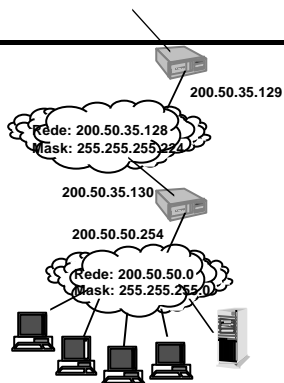
### Exercício

- ❑ (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

Volnys B. Bernal (c) 51

### Exercício

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



Volnys B. Bernal (c) 52

### Faixas de endereçamento privado



Volnys B. Bernal (c) 53

### 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


Volnys B. Bernal (c) 54

### Exercício

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

Volnys B. Bernal (c) 55

## TTL - “Time to live”



Volnys B. Bernal (c) 56

## 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

Volnys B. Bernal (c) 57

## TTL - Fragmentação



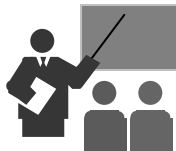
Volnys B. Bernal (c) 58

## 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

Volnys B. Bernal (c) 59

## Pacote IP



Volnys B. Bernal (c) 60

## Pacote IP

versão (4 bits)	compr (4 bits)	TOS (8 bits)	comprimento total (16 bits)	
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)				
opções (opcional)				
dados				

Diagrama de estrutura do pacote IP:

- Cabeçalho IP:** Indica a seção superior do pacote, abrangendo os campos de versão, comprimento, TOS, identificação, flags, deslocamento do fragmento, time to live, protocolo, checksum do cabeçalho, e endereços IP.
- Carga:** Indica a seção inferior do pacote, abrangendo as opções (opcional) e os dados.
- Tamanho total:** Indica que o cabeçalho IP tem 20 bytes de tamanho fixo.

Volnys B. Bernal (c) 61

## 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

Volnys B. Bernal (c) 62

## 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

Volnys B. Bernal (c) 63

## 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

Volnys B. Bernal (c) 64

## 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"

Volnys B. Bernal (c) 65

## 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 utilizá-lo execute:

```
ping IP_destino
```

Volnys B. Bernal (c) 66

## 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. Você pode verificar sua tabela ARP com o comando "arp -a".

Volnys B. Bernal (c) 67

## Filtros em elementos de roteamento



Volnys B. Bernal (c) 68

## 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

Volnys B. Bernal (c) 69

## 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
  - \* ...

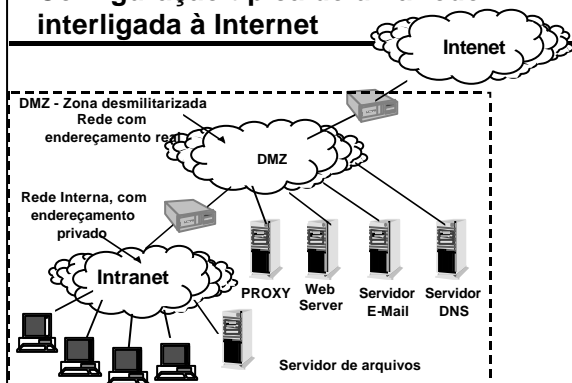
Volnys B. Bernal (c) 70

## Configuração típica de uma rede interligada à Internet



Volnys B. Bernal (c) 71

## Configuração típica de uma rede interligada à Internet



Volnys B. Bernal (c) 72

## 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

Volnys B. Bernal (c) 73

**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

Volnys B. Bernal (c) 74

**Configuração**

Volnys B. Bernal (c) 75

**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.corporation.com.br localhost
  - \* 200.200.200.200 terra.corporation.com.br terra

Volnys B. Bernal (c) 76

**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
        - ◆ Mascara
    - \* **Gateway**

Volnys B. Bernal (c) 77

**Exercícios Complementares**

Volnys B. Bernal (c) 78

**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
```

## 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.