


© Volnys Bernal 1999-20031

Redes TCP/IP

Protocolo IP

Volnys Borges Bernal
volnys@lsi.usp.br




© Volnys Bernal 1999-20032

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
- Datagrama IP
- Fragmentação IP
- Configuração típica de uma rede interligada à Internet

© Volnys Bernal 1999-20033

Introdução ao Protocolo IP



© Volnys Bernal 1999-20034

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

© Volnys Bernal 1999-20035

Introdução ao Protocolo IP

	Aplicação									
								NFS	NIS	SMB
Camada de Aplicação	DNS	HTTP	FTP	Telnet	SMTP	POP		RPC		NetBios
Camada de transporte	UDP					TCP				
Camada de redes	ICMPIGMPIP									
	ARP									
Camada intra-rede	Ethernet	Fast Ethernet	Gigabit Ethernet	10gigabit Ethernet	PPP	SLIP	Frame Relay			
	meio físico									


© Volnys Bernal 1999-20036

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

© Volnys Bernal 1999-2003 7

Analogia: Pacote IP - Container

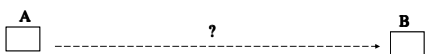


© Volnys Bernal 1999-2003 8

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

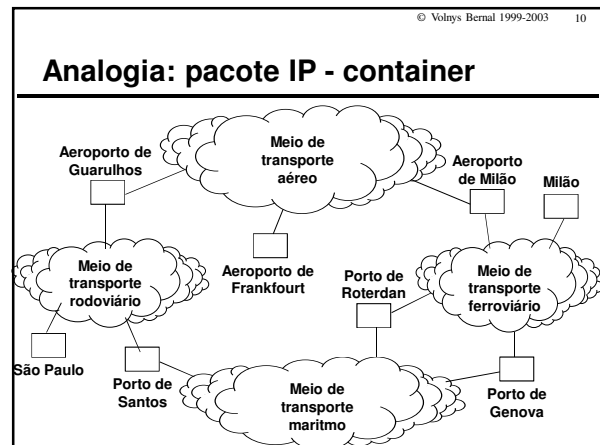


© Volnys Bernal 1999-2003 9

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



© Volnys Bernal 1999-2003 11

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

© Volnys Bernal 1999-2003 12

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 armazém (bufferização) até que possa ser embarcado em um navio com destino a Gênova.
- ❖ Se não houver espaço no armazém o container é descartado.

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.

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: 200.65.33.143

Endereço 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
 - ipconfig -a
 - ipconfig -all
 - ipconfig -tudo
 - 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

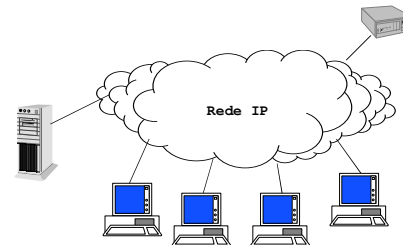
Exercício

(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

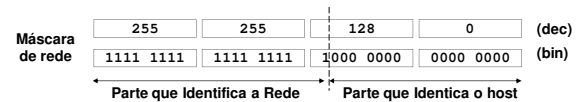
Máscara de rede

- ❖ 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)

Endereçamento IP

Máscara de rede (cont.)

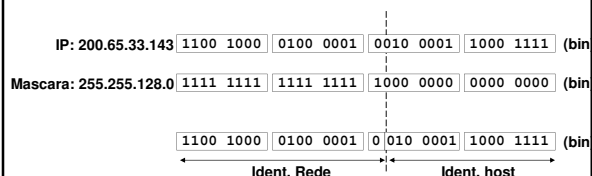
- ❖ 4 bytes
- ❖ Formação:
 - Sequencia de 1s seguido de uma sequência de 0s
- ❖ Exemplo:
 - Máscara = 255.255.128.0



Endereçamento IP

Máscara de Rede:

- ❖ Exemplo
 - Endereço IP : 200.65.33.143
 - Máscara 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)?

© Volnys Bernal 1999-2003 25

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 1000 0000 0000 0000 (bin)

1100 1000 0100 0001 0 010 0001 1000 1111 (bin)

← Identificação de Rede Identificação de host →

End. rede: 200.65.0.0 1100 1000 0100 0001 0000 0000 0000 0000 (bin)

© Volnys Bernal 1999-2003 26

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

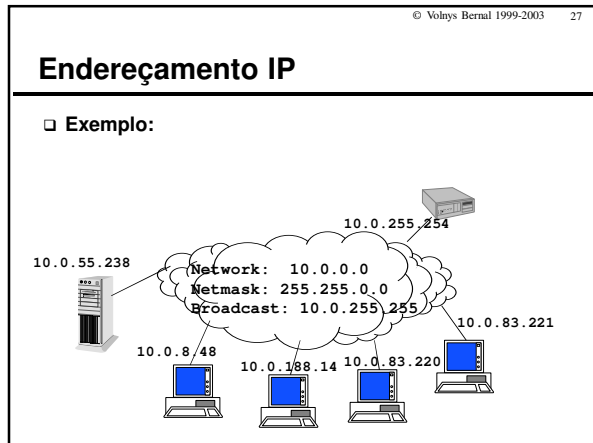
IP: 200.65.33.143 1100 1000 0100 0001 0010 0001 1000 1111 (bin)

Mascara: 255.255.128.0 1111 1111 1111 1111 1000 0000 0000 0000 (bin)

1100 1000 0100 0001 0 010 0001 1000 1111 (bin)

← Identificação de Rede Identificação de host →

Endereço de Broadcast: 200.65.0.255 1100 1000 0100 0001 0111 1111 1111 1111 (bin)



© Volnys Bernal 1999-2003 28

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 Bernal 1999-2003 29

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!

© Volnys Bernal 1999-2003 30

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



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.

Classes de Endereçamento IP

□ Classes de endereços IPs

	Ident. Rede				Ident. host			
Classe A	0 ???	????	????	????	????	????	????	????
Classe B	10 ??	????	????	????	????	????	????	????
Classe C	110 ?	????	????	????	????	????	????	????
Classe D	Grupo Multicast							
	1110	????	????	????	????	????	????	????
Classe E	Reservado para uso futuro							
	1111	????	????	????	????	????	????	????

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?

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 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 area automobilística:
 - 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
- ❖ máscara 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

Roteamento de Pacotes IP



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

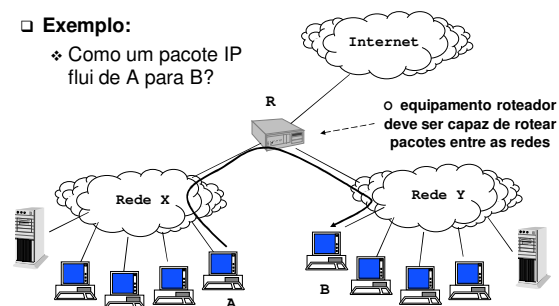
❑ IP forwarding

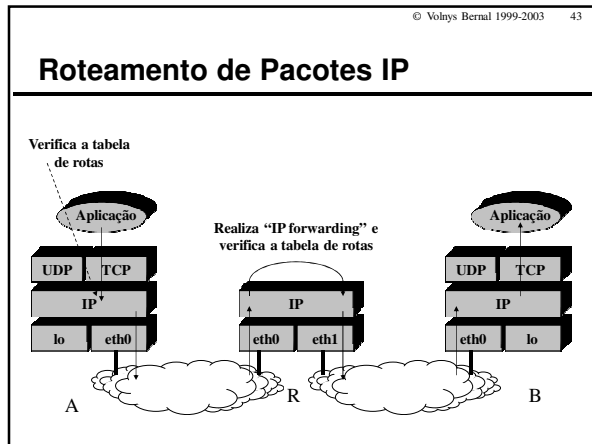
- ❖ Em equipamentos com várias interfaces de rede, para permitir que um pacote IP seja repassado de uma interface para outra deve estar habilitada a opção "IP forwarding".

Roteamento de Pacotes IP

❑ Exemplo:

- ❖ Como um pacote IP flui de A para B?

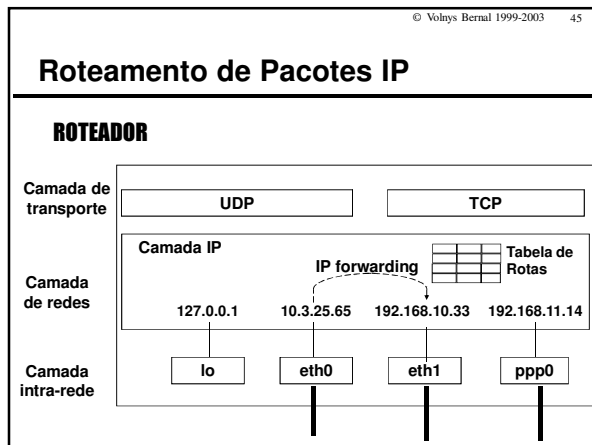




© Volnys Bernal 1999-2003 44

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 próximo 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 Bernal 1999-2003 46

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
```

© Volnys Bernal 1999-2003 47

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 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 Bernal 1999-2003 48

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
10.200.6.10  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")

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 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
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
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

© Volnys Bernal 1999-2003 55

Exercício

(11) Em relação à tabela de rotas de seu computador:

- Execute o comando "netstat -r" e escreva o resultado
- Descreva como está configurada a tabela de rotas do seu computador

© Volnys Bernal 1999-2003 56

Exercício

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

Considere que o roteador possui interface loopback.

© Volnys Bernal 1999-2003 57

TTL - "Time to live"

© Volnys Bernal 1999-2003 58

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 Bernal 1999-2003 59

Faixas de endereçamento privado

© Volnys Bernal 1999-2003 60

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.

© Volnys Bernal 1999-2003 61

Exercício


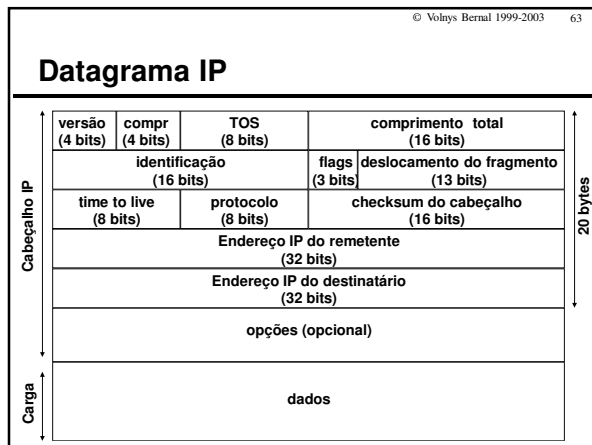
(13) Para cada faixa de endereços definida para endereçamento privado (RFC 1918) responda:

(a) A qual classe de endereçamento a qual pertence?

(b) Qual a máscara default?

© Volnys Bernal 1999-2003 62

Datagrama IP

© Volnys Bernal 1999-2003 64

Datagrama 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

© Volnys Bernal 1999-2003 65

Datagrama 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

© Volnys Bernal 1999-2003 66

Datagrama 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

© Volnys Bernal 1999-2003 67

Datagrama 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

© Volnys Bernal 1999-2003 68

Datagrama 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

© Volnys Bernal 1999-2003 69

Datagrama 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*”

© Volnys Bernal 1999-2003 70

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
```

© Volnys Bernal 1999-2003 71

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”.

© Volnys Bernal 1999-2003 72

Fragmentação IP



© Volnys Bernal 1999-2003 73

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

© Volnys Bernal 1999-2003 74

Fragmentação IP

Exemplo 1

Transmissão sem fragmentação sobre Ethernet

Identification = 22222
No more Fragments

cabeçalho dados

Datagrama IP

Tamanho do pacote IP

MTU do Meio Ethernet = 1500 bytes

© Volnys Bernal 1999-2003 75

Fragmentação IP

Identification = 22222
No more Fragments

cabeçalho dados

Datagrama IP

Tamanho do pacote IP

Pacote Ethernet

Pacote IP

MTU do Meio Ethernet = 1500 bytes

© Volnys Bernal 1999-2003 76

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

© Volnys Bernal 1999-2003 77

Fragmentação IP

1480 bytes = 185 x 8 bytes

2960 bytes = 370 x 8 bytes

cabeçalho dados

Datagrama IP

Pacote Ethernet

Pacote IP

© Volnys Bernal 1999-2003 78

Fragmentação IP

Identification = 55555
Total Length = 1500
Fragment = 0
More fragments

Identification = 55555
Total Length = 1500
Fragment = 185
More fragments

Identification = 55555
Total Length = 1020
Fragment = 370
No more fragments

20 bytes 1480 bytes

20 bytes 1480 bytes

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

Fragmentação IP

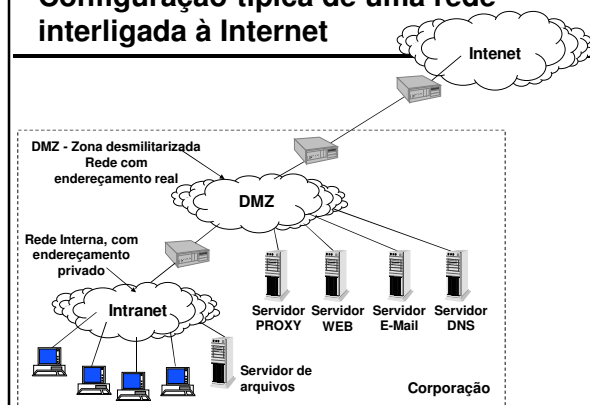
❑ Quando um pacote é fragmentado:

- ❖ 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.

Configuração típica de uma rede interligada à Internet



Configuração típica de uma rede interligada à Internet



Exercício

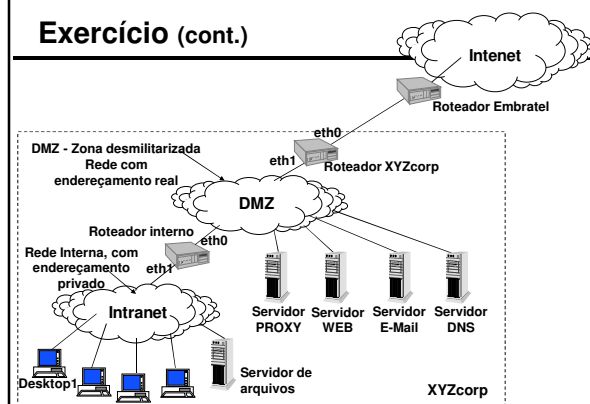
(16) Uma empresa "XYZcorp", cujo diagrama da rede está apresentado na figura a seguir, possui a seguinte faixa de endereços alocada pela Embratel para seus servidores:

- ❖ 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.)



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

© Volnys Bernal 1999-2003 85

Exercícios Complementares



© Volnys Bernal 1999-2003 86

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 máscara 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


© Volnys Bernal 1999-2003 87

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
```

© Volnys Bernal 1999-2003 88

Bibliografia deste módulo



© Volnys Bernal 1999-2003 89

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.