



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE



REDE FEDERAL
DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL
E TECNOLÓGICA

Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Software


Disciplina: Redes de Computadores
11. Camada de Rede: Endereçamento IP

Prof. Ronaldo <ronaldo.maia@ifrn.edu.br>




Camada de Rede

- Funções da Camada de Rede
 - Endereçamento
 - Atribuição de endereços lógicos (normalmente o end. IP) a cada uma das estações da rede
 - Tradução de endereços
 - Para realizar o mapeamento entre os endereços lógicos (inter redes) em endereços físicos (normalmente o end. MAC)
 - Roteamento
 - Encaminhamento das unidades de dados até o seu destino, passando pelos vários sistemas intermediários



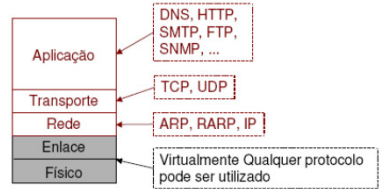
Camada de Rede

- Modelo Internet TCP/IP
 - No modelo Internet TCP/IP nenhuma afirmação é feita sobre os níveis físico e enlace
 - A priori, qualquer estrutura que se enquadre no modelo OSI pode ser utilizada
 - Facilitou (e incentivou) a adoção do modelo Internet
 - A partir do nível de rede a implementação é 100% em software, normalmente fazendo parte do núcleo do SO
 - Facilita a migração das redes existentes na época



Camada de Rede

- Modelo Internet TCP/IP
 - Para as camadas de rede, transporte e aplicação o modelo especifica explicitamente TODOS os protocolos a serem utilizados
 - Pela primeira vez se conseguiu uma interoperabilidade real entre diversas redes




Aplicação	DNS, HTTP, SMTP, FTP, SNMP, ...
Transporte	TCP, UDP
Rede	ARP, RARP, IP
Enlace	Virtualmente Qualquer protocolo pode ser utilizado
Físico	



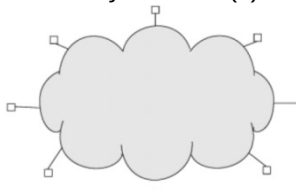
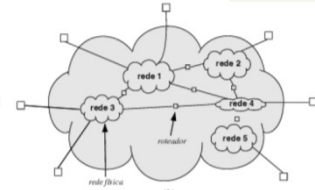
Camada de Rede

- Interconexão Inter-Redes
 - Forma de conectar múltiplas redes físicas (com características próprias) em um grande sistema de comunicação
 - "Esconde" as diferenças entre as diversas tecnologias de transmissão das sub-redes locais
 - O componente básico de hardware usado para interconectar redes heterogêneas é um **roteador (gateway)**
 - Provido de processador, memória e, pelo menos, 2 interfaces de E/S para cada rede que conecta
 - Cada interface é tratada como um *host* qualquer

Camada de Rede

- Interconexão Inter-Redes
 - Uma inter-rede pode ser considerada um sistema de **rede virtual** já que o sistema de comunicação é uma abstração
 - Os usuários das redes interligadas têm uma idéia do sistema de comunicação uniforme (a), embora sua representação real seja como em (b)

Interconexão Inter-Redes

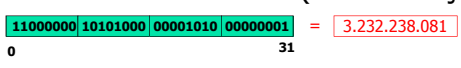
- **Funcionamento**
 - Responsável pela transferência de dados através da inter-rede desde a máquina origem até a máquina de destino
 - O pacote é encapsulado em um **datagrama IP**
 - Software de protocolo de rede fornece endereçamento abstrato (cada *host* é visto com um endereço único)
 - Algoritmo de roteamento é executado e determina se o datagrama é entregue diretamente (rede local), ou será repassado a um **roteador**
 - Também é responsável pelo processamento de pacotes recebidos das interfaces de rede
 - Aplicativos (camada mais alta) usam este endereço abstrato para se comunicar

Endereço IP

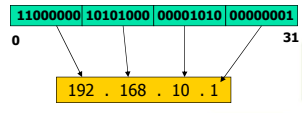
- **Definições**
 - Na pilha de protocolos TCP/IP, o endereçamento da camada de rede é especificado pelo Protocolo de Internet (IP)
 - O padrão IP (versão 4) especifica que a cada *host* é atribuído um número de 32 bits único (**endereço IP**)
 - Cada pacote enviado através de uma inter-rede contém o endereço IP de 32 bits do remetente (origem) e o IP do receptor pretendido (destino)
 - Deste modo, para transmitir informações através de uma inter-rede TCP/IP, a estação deve conhecer o endereço IP da estação remota para a qual as informações estão sendo enviadas

Endereço IP

- Número inteiro de 32 bits (2^{32} endereços)



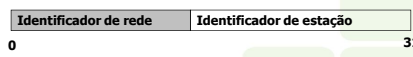
- Notação decimal pontilhada
 - Representado por 4 números



Lembrando:
 $11000000 = 1 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 192$

Endereço IP

- Hierarquia de endereçamento
 - Identificador de rede (**prefixo** de rede)
 - Identifica cada **rede** de forma individual e única
 - Identificador de estação (**sufixo** de rede)
 - Identifica cada **estação** (*host*) de forma individual e única



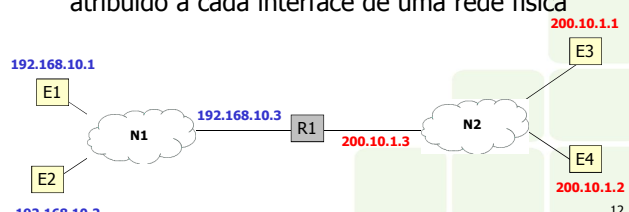
Endereço IP

- Atribuição de endereços
 - Endereços IP **não** são atribuídos às estações e roteadores, e sim às suas **interfaces**
 - Cada interface de estações e roteadores deve ter um endereço IP
 - Estações *multihomed* e roteadores possuem diversos endereços IP
 - Diferentes prefixos de rede devem ser adotados para diferentes redes físicas

11

Endereço IP

- Atribuição de endereços
 - Um único prefixo de rede deve ser compartilhado por interfaces de uma mesma rede física
 - Um único identificador de estação deve ser atribuído a cada interface de uma rede física



12

Endereço IP

- Classes
 - Quantos bits (dos 32 disponíveis) deve-se alocar para os endereços de rede (prefixo) e de host (sufixo)?
 - O prefixo precisa de bits suficientes para permitir que um número de rede único seja atribuído a cada rede física em uma inter-rede
 - O sufixo precisa de bits suficientes para permitir que a cada computador da rede seja atribuído um sufixo único
 - Prefixo Grande
 - Acomoda muitas redes
 - Limita o tamanho de cada rede (número de hosts)
 - Sufixo Grande
 - Acomoda muitos hosts em cada rede
 - Limita o número total de redes

Endereço IP

- Classes
 - Os primeiros quatro bits de um endereço determinam a classe a que o endereço pertence e especificam como o restante do endereço é dividido em prefixo e sufixo

bits	0	1	2	3	8	16	24	31	
Classe A	0	prefixo			sufixo				
Classe B	1	0	prefixo		sufixo				
Classe C	1	1	0	prefixo		sufixo			
Classe D	1	1	1	0	endereço multicast				
Classe E	1	1	1	1	reservado para uso futuro				

Endereço IP

- Classes
 - As classes A, B e C são chamadas de classes primárias porque são usadas para endereços de hosts
 - A classe D é usada para multicasting, que permite a entrega a um conjunto de computadores
 - A classe E não é utilizada até o momento

Endereço IP

- Divisão do Espaço de Endereçamento
 - O número de bits alocados a um prefixo ou sufixo determina quantos números únicos podem ser atribuídos
 - Um **prefixo** de n bits permite 2^n números de rede únicos
 - Um **sufixo** de n bits permite que 2^n números de hosts sejam atribuídos em uma determinada rede

Classe do Endereço	Bits no Prefixo	Número máximo de Redes	Bits no Sufixo	Número Máximo de Hosts por Rede
A	7	128	24	16777216
B	14	16384	16	65536
C	21	2097152	8	256

Endereço IP

- Notação Decimal Pontilhada
 - Embora os endereços IP sejam números de 32 bits, os usuários raramente entram ou lêem os valores em binários
 - Utiliza-se, por conveniência, a notação decimal pontilhada, uma forma que expressa cada seção de 8 bits de um número de 32 bits como um valor decimal e usa pontos para separar as seções

Número Binário de 32 bits	Notação Decimal Pontilhada
10000001 00110100 00000110 00000000	129 . 52 . 6 . 0
11000000 00000101 00110000 00000011	192 . 5 . 48 . 3
00001010 00000010 00000000 00100101	10 . 2 . 0 . 37
10000000 00001010 00000010 00000011	128 . 10 . 2 . 3
10000000 10000000 11111111 00000000	128 . 128 . 255 . 0

Endereço IP

- Notação Decimal Pontilhada
 - A notação decimal pontilhada trata cada octeto (conjunto de 8 bits ou 1 byte) como um inteiro binário sem sinal
 - O menor valor possível, 0, acontece quando todos os bits de um octeto são zeros
 - O maior valor possível, 255, quando todos os bits do octeto são um
 - Deste modo, os endereços variam de 0.0.0.0 a 255.255.255.255

Endereço IP

- **Notação Decimal Pontilhada**
 - Em um endereço classe A, os últimos três octetos correspondem a um sufixo de host
 - Os endereços classe B têm dois octetos de sufixo de host
 - Os endereços de classe C têm um octeto de sufixo de host

Classe	Faixa de Valores
A	0.0.0.0 até 127.255.255.255
B	128.0.0.0 até 191.255.255.255
C	192.0.0.0 até 223.255.255.255
D	224.0.0.0 até 239.255.255.255
E	240.0.0.0 até 255.255.255.255

Endereço IP

- **Exemplo de Endereçamento**
 - Considere uma organização que escolhe formar uma inter-rede TCP/IP privada que consiste em quatro redes físicas
 - A organização deve comprar roteadores para interconectar as quatro redes e então deve atribuir endereços IP
 - Inicialmente, a organização escolhe um prefixo único para cada rede
 - Os sufixos, que são atribuídos pelo administrador de rede local, podem ser números arbitrários

Endereço IP

- **Exemplo de Endereçamento**

Endereço IP

- **Endereços IP especiais**
 - O IP define um conjunto especial de endereços IP (end. reservados), que não são atribuídos a hosts
 - **Endereço de Rede**
 - O IP reserva um endereço de host zero (ou seja, todos os bits do sufixo são zeros) e o usa para denotar uma rede
 - O endereço de rede se refere à rede propriamente dita e não aos computadores acoplados àquela rede
 - Exemplo: O endereço 128.211.0.0 denota a rede à qual foi atribuído a prefixo de classe B 128.211.

Endereço IP

- **Endereços IP especiais**
 - **Endereço de Broadcast**
 - Utilizado quando deseja-se enviar uma cópia de um pacote para todos os hosts em uma rede física
 - O endereço de **broadcast dirigido** é formado colocando-se 1 em todos os bits de sufixo do endereço
 - Exemplo: O endereço 128.211.255.255 é o endereço de broadcast da rede classe B 128.211.
 - O endereço de **broadcast limitado** refere-se ao broadcast em uma rede física local (hosts novos que desejam fazer o reconhecimento da rede)
 - O IP reserva o endereço que consiste em todos os bits em 1 para se referir ao **broadcast** limitado. Assim, este endereço é 255.255.255.255

Endereço IP

- **Endereços IP especiais**
 - **Endereço de Loopback**
 - O IP define um endereço de **loopback** usado para testar aplicativos de rede
 - Este endereço utiliza o prefixo de rede classe A 127 para fazer um **loopback**
 - Um **loopback** serve para testar a comunicação entre as camadas na pilha de protocolos: o pacote sai da camada mais superior, desce até a camada IP e sobe novamente até a camada de aplicação
 - Por convenção, os projetistas utilizam o endereço 127.0.0.1 para o endereço de **loopback**

Endereço IP

- **Endereço de *Loopback***
 - Durante o teste do *loopback* nenhum pacote deixa um computador (o software IP encaminha pacotes de um programa aplicativo a outro)
 - Conseqüentemente, o endereço de *loopback* nunca aparece em um pacote que viaja através de uma rede

NetId	0 ... 0	Endereço da Rede
NetId	1 ... 1	Broadcast Direto
1 ... 1	1 ... 1	Broadcast Limitado
0 ... 0	0 ... 0	Rota Default
127	X ... X	Loopback

Endereço IP

- **Endereços IP Privados**
 - Algumas redes privadas não estão ligadas à Internet e assim não há motivo para se requisitar ao órgão central da Internet, responsável pela distribuição de endereços, faixas únicas de endereços IPs a serem utilizadas na organização
 - Por convenção, o Comitê Gestor da Internet reservou três faixas de endereços para tal fim, sendo uma faixa por classe primária:
 - Classe A: 10.0.0.0 a 10.255.255.255
 - Classe B: 172.16.0.0 a 172.31.255.255
 - Classe C: 192.168.0.0 a 192.168.255.255

Endereço IP

- **Endereços IP Privados**
 - Pacotes contendo qualquer um destes endereços como destino não podem trafegar na Internet (são descartados pelos roteadores)
 - Uma Intranet que utilize estas faixas de endereços e que queira se interligar com a Internet deverá implementar algum esquema de troca de endereços privado/público para que seus pacotes trafeguem da Intranet para a Internet e vice-versa
 - Este esquema é conhecido como Mascaramento IP (IP Masquerading)

Endereço IP

- **Máscara de rede**
 - Torna eficiente a extração do prefixo, permitindo a divisão de sub-classes de IP (sub-redes)
 - Separam a parte que identifica a "rede" da parte que identifica a "máquina" de um endereço
 - Em uma máscara
 - Bits "1" representam a rede
 - Bits "0" representam a host
 - A máscara de rede delimita a faixa de endereços que pertence a cada rede

11111111 11111111 11111111 00000000
255.255.255.0

Endereço IP

- **Máscara de Rede**
 - Os valores possíveis para **cada um dos octetos** de uma máscara são:

00000000	-	0
10000000	-	128
11000000	-	192
11100000	-	224
11110000	-	240
11111000	-	248
11111100	-	252
11111110	-	254
11111111	-	255
 - Aplicando-se um "e" lógico entre os bits do endereço IP e da máscara de rede, obtemos os endereços de rede e broadcast, como exemplificado a seguir...

Endereço IP

- **Endereços de rede e broadcast**
 - Exemplo 1:

IP	Máscara
200.179.145.123	255.255.255.0

```

IP: 200.179.145.123 = 11001000.10110011.10010001.01111011
Máscara: 255.255.255.0 = 11111111.11111111.11111111.00000000
Rede: 200.179.145.0 = 11001000.10110011.10010001.00000000
Bcast: 200.179.145.255 = 11001000.10110011.10010001.11111111

```

A partir do ponto onde a máscara muda de 1 pra 0: Todos os bits iguais a 1

A partir do ponto onde a máscara muda de 1 pra 0: Todos os bits iguais a 0

Endereço IP

- Endereços de rede e broadcast
 - Exemplo 2:

IP	Máscara
10.4.128.116	255.255.240.0

IP: 10.4.128.116	= 00001010.00000100.1000	0000.01110100
Máscara: 255.255.240.0	= 11111111.11111111.1111	0000.00000000
Rede: 10.4.128.0	= 00001010.00000100.1000	0000.00000000
Bcast: 10.4.143.255	= 00001010.00000100.1000	1111.11111111

A partir do ponto onde a máscara muda de 1 pra 0: Todos os bits iguais a 1

A partir do ponto onde a máscara muda de 1 pra 0: Todos os bits iguais a 0

Endereço IP

- Endereços de rede e broadcast
 - Exemplo 3:

IP	Máscara
126.45.13.116	255.255.255.248

IP: 126.45.13.116	= 01111110.00101101.00001101.01110	100
Masc: 255.255.255.248	= 11111111.11111111.11111111.1111	000
Rede: 126.45.13.112	= 01111110.00101101.00001101.01110	000
Bcast: 126.45.13.119	= 01111110.00101101.00001101.01110	111

A partir do ponto onde a máscara muda de 1 pra 0: Todos os bits iguais a 1

A partir do ponto onde a máscara muda de 1 pra 0: Todos os bits iguais a 0

Endereço IP

- Datagrama IP
 - Os protocolos TCP/IP usam o nome **datagrama IP** para se referir a um pacote de inter-rede
 - Cada datagrama começa com um cabeçalho seguido de uma área de dados
 - A quantidade de dados transportados em um datagrama não é fixa
 - O remetente escolhe uma quantidade de dados que é apropriada para um propósito particular

Endereço IP

- Formato do datagrama IP

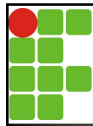
0	4	8	16	19	24	31
Vers		Hlen		Service Type		Total Length
Identification				Flags	Fragment Offset	
Time to Live		Protocol		Header Checksum		
Source IP Address						
Destination IP Address						
Options (if any)					Padding	
Data						
...						

Endereço IP

- Principais campos do datagrama IP
 - Vers.** Indica a versão do protocolo, que determina o formato do datagrama. Atualmente é usada a versão 4 (IPv4)
 - Hlen.** Comprimento do cabeçalho, que pode variar devido ao campo de opções. Tamanho típico do cabeçalho: 20 Bytes
 - Service Type:** Define a qualidade do serviço requisitado, em termos de baixo atraso, alta vazão e confiabilidade
 - Identification, flags, fragment offset:** Referem-se a fragmentação do datagrama
 - Total Length:** Comprimento total do datagrama (cab. + dados)
 - TTL (Time to Live):** Usado para limitar o número máximo de roteadores pelos quais um pacote pode passar
 - Sempre que passa por um roteador seu valor é decrementado
 - Se chegar a 0 o datagrama é descartado

Endereço IP

- Principais campos do datagrama IP
 - Protocol:** identifica o protocolo de nível superior
 - Header Checksum:** Controle de erros para o cabeçalho do pacote
 - Source e Destination IP Address:** Endereços IP de origem e destino
 - Options/Padding:** Teste e depuração (opcional)
 - Data:** Dados (carga útil) do datagrama
 - Na teoria um datagrama IP pode ter até 65.535 Bytes
 - Na prática, raramente são maiores que 1.500 Bytes



Bibliografia

- COMER, Douglas E. *Redes de Computadores e Internet*. 4ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- KUROSE, James F.; ROSS, Keith W. *Redes de Computadores e a Internet - Uma abordagem top-down*. 3ª Ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2006.
- TANENBAUM, Andrew S. *Redes de Computadores*. 4ª Ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003.