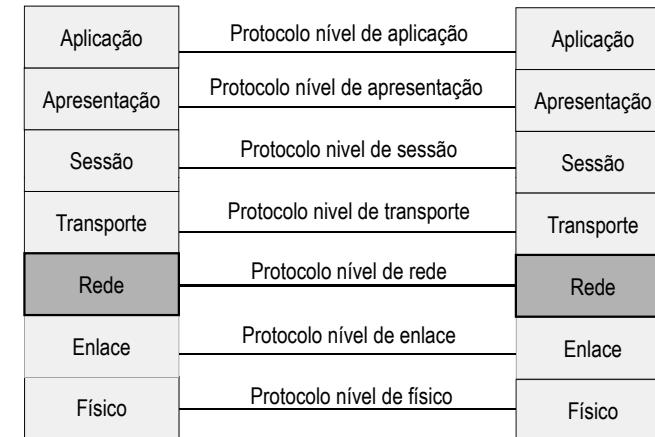
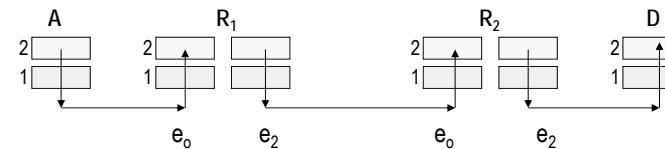


- Questões:
 - Camada de enlace e nível físico operam localmente permitindo a entrega de dados de um nó a outro na mesma rede física
 - Virtualização da camada de enlace = 'fio virtual' com mesma tecnologia
 - Não há como nó A enviar dados para nó D diretamente
 - Redes da origem A e B podem possuir tecnologias diferentes

Nível de rede



Solução possível: fazer repasses



- Novos problemas:

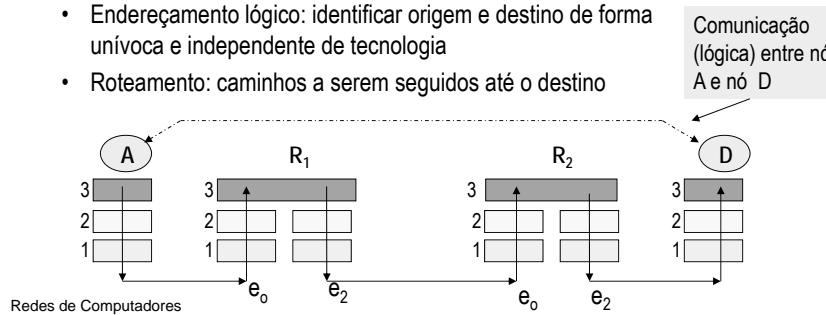
- Como informar os endereços de origem (A) e destino (D) independente de tecnologia de enlace?
- Como R1 sabe que tem repassar os dados de A, destinados a D, para sua interface e2?
- Como identificar o nó D globalmente na rede?
- Como chegar na rede (local) do nó D?

Conclusão: Falta algo!!

Camada de Rede

Camada de rede

- Prover comunicação *host-to-host* em redes e inter-redes
 - Inter-rede é obtida pela interligação de várias redes
 - Interconectadas através de sistemas intermediários
 - Sistemas intermediários são interligados por enlaces (*links*)
- É necessário:
 - Endereçamento lógico: identificar origem e destino de forma unívoca e independente de tecnologia
 - Roteamento: caminhos a serem seguidos até o destino



5

Modelo de serviços e tarefas da camada de rede

- Modelo de serviços (MR-OSI)
 - Não orientado a conexão
 - Orientado a conexão
 - Diferenciados (não definido no MR-OSI)
- Funcionalidades essenciais
 - Endereçamento lógico
 - Roteamento
- Outras funcionalidades
 - Encapsulamento
 - Fragmentação e remontagem
 - Controle de fluxo e/ou controle de erro
 - Multiplexação

A implementação dessas funcionalidades é analisada caso a caso

- Necessidade de implementar (simplicidade, desempenho, custo etc...)
- Replicação ou não de esforços
- etc

Redes de Computadores

6

Endereçamento lógico

- O objetivo é identificar grupos ou elementos individuais
- Espaço de nomes
 - Coleção de nomes válidos em um determinado escopo
 - Nome deve ser único, uniforme, independente de característica particular e de fácil memorização
 - Hierárquico
 - Espaço de nomes é infinito
 - Baseado na definição de níveis e contextos
 - Ex.: sistema de nomes da Internet (www.inf.ufrgs.br), sistemas de arquivos (diretórios, subdiretórios e arquivos)
 - Plano
 - Finito (formado por um conjunto limitado de caracteres)
 - Ex.: placas de carros (ABC1234), endereços IP (192.168.20.1) etc

Redes de Computadores

7

Estudo de caso: Internet Protocol - IP

- Implementação da camada de rede na Internet
- Protocolo não orientado a conexão
- Realiza *best effort delivery* (não há garantia de entrega dos dados)
- Endereçamento lógico e roteamento centrado na abstração de endereço IP

Redes de Computadores

8

Datagrama IP

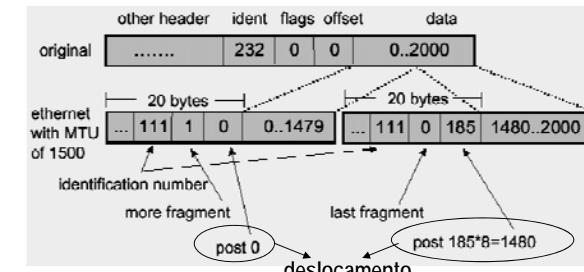
- Dados transferidos em unidades chamadas datagramas
 - Gerencia fragmentação e remontagem dos dados
 - Encapsulado em uma 2-PDU.:
-
- Área de dados 802.3
Área de dados IP
Cabeçalho 802.3
Cabeçalho IP

Redes de Computadores

9

Fragmentação em datagramas IP

- Cada fragmento possui seu próprio cabeçalho
- Identificador, *flag more* e deslocamento (em unidades de 8 bytes)
 - Flag more* = 0 e deslocamento = 0 → não é fragmento
 - Flag more* ≠ 0 → é fragmento (posição deslocamento*8 no original)
 - Flag more* = 0 e deslocamento ≠ 0 → é o último fragmento



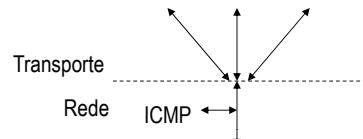
Redes de Computadores

10

Multiplexação em datagramas IPs

- Protocolo (8 bits)
 - Indicação do protocolo do nível superior
 - e.g.; 1=ICMP; 6=TCP; 17=UDP
 - Tarefa de multiplexação
 - Técnica que permite que várias mensagens utilizem o mesmo meio.
 - Demultiplexação no destino

Ver	hlen	TOS	Payload lenght
Fragment ID	Flags + Offset		
TTL	Protocol	Checksum	
		IP source address	
		IP destination address	



Redes de Computadores

11

Controle de erro em datagramas IP

- O protocolo IP NÃO faz:
 - Controle de fluxo
 - Controle de erro
 - Há apenas detecção de erro
- Checksum* (16 bits)
 - Soma em complemento de 1's do cabeçalho
 - Verificado e recalculado a cada roteador

Ver	hlen	TOS	Payload lenght
Fragment ID	Flags + Offset		
TTL	Protocol	Checksum	
		IP source address	
		IP destination address	

Redes de Computadores

12

Endereçamento IP

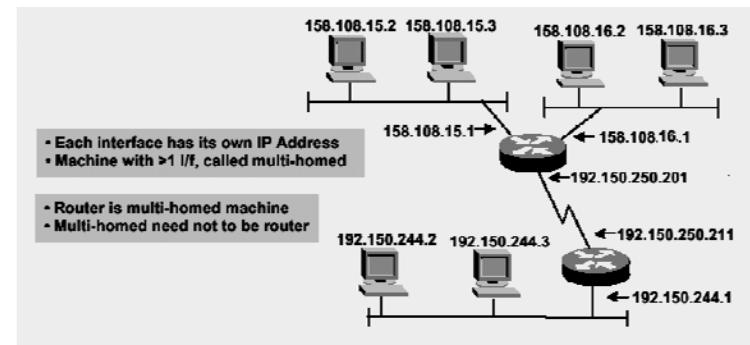
- Um endereço IP é um número de 32 bits
- Representado como 4 números decimais (um por byte)
 - 192.168.20.5
- Dividido em duas partes:
 - Prefixo: endereço de rede (administrado globalmente)
 - Identifica de forma única e individual cada rede
 - Sufixo: endereço de hosts (administrado localmente)
 - Identifica de forma única e individual cada dispositivo de uma rede
- Propriedades:
 - O endereço IP é único (exceção que confirma a regra: endereços privativos)
 - Embute informações sobre roteamento

Redes de Computadores

13

Endereço IP

- Endereços são associados a interfaces de redes, não a máquinas
 - Uma interface de rede pode possuir mais de um endereço IP
 - Aliases ou interface virtual



Redes de Computadores

14

Classes de endereços IP

32 bits			
7	6	5	4 3 2 1 0
1	7	24	
Classe A	0	rede	host
	128 redes	Cada uma com 0.0.0.0 a 127.0.0.0	16777216 hosts
Classe B	10	rede	host
	16384 redes	Cada uma com 128.0.0.0 a 191.255.0.0	65536 hosts
Classe C	110	rede	host
	2097152 redes	Cada uma com 192.0.0.0 a 223.255.255.0	256 hosts
Classe D	1110	Endereço de multicast	
	224.0.0.0 a 239.255.255.255		

Redes de Computadores

15



Endereços especiais!!!

Endereços Especiais

- Endereço de rede: zeros no sufixo
 - Classe B: 172.31.0.0
- Endereço de *broadcast* direto: 1's no sufixo
 - Classe B: 172.31.255.255
- Endereço de *broadcast*: 1's no prefixo e no sufixo
 - IP: 255.255.255.255
- Rota padrão (default) ou este computador
 - IP: 0.0.0.0
- Loopback: endereço de classe A (127.0.0.0)
 - Convencionado 127.0.0.1

NUNCA devem ser atribuídos a interfaces de equipamentos

Na prática:
 $2^n - 2$
(n = nº de bits sufixo)

Redes de Computadores

16

Endereço privativos

- Conjunto de endereços que podem ser usados por qualquer organização
 - Também denominados de privados, não roteáveis ou falsos
 - São usados em conjunto com o NAT (*Network Address Translation*)
 - Serviço que depende de informações da camada de transporte (NAPT)
- Constatação: nem toda máquina precisa ter endereço IP válido
 - Endereços IP especiais reservados para redes não conectadas (RFC 1918)

Classe	Início	Fim	#hosts*
A	10.0.0.0/8	10.255.255.255/8	16.777.216
B	172.16.0.0/12	172.31.255.255/12	1.048.576
C	192.168.0.0/16	192.168.255.255/16	65.536

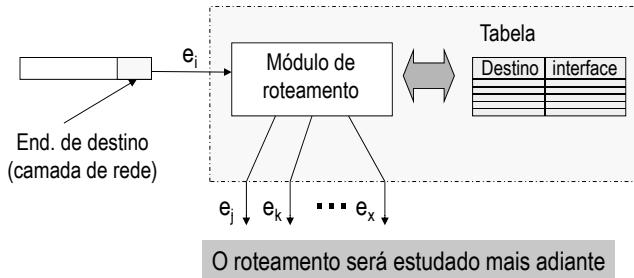
* descontar os endereços especiais

Noções básicas de roteamento

- Objetivo é determinar o melhor caminho para encaminhar dados de uma origem até o destino final
 - Pode ser estático ou dinâmico
- Pode ser feito
 - A cada datagrama (rede orientada a datagrama): datagramas de uma mesma comunicação podem seguir caminhos diferentes origem e o destino
 - No estabelecimento da conexão lógica (rede orientada a circuito virtual)
 - Datagramas “fluem” pelo mesmo caminho

Formas genéricas de executar o roteamento

- Pela fonte:
 - O transmissor determina a rota que um datagrama deve seguir
- Via tabelas (*hop-by-hop*):
 - Sistemas finais e intermediários devem manter tabelas de roteamento
 - Indicação do próximo roteador para o qual um datagrama deve ser enviado



Procedimento de envio de dados

- Quando a origem e o destino estão na mesma rede
 - A entrega dos dados ocorre de forma direta, pois um transmite os dados na mesma rede que o outro “escuta”
- Quando a origem e o destino não estão na mesma rede
 - É necessário enviar os dados para o sistema intermediário (roteador) para que ele repasse os dados adiante até chegar ao seu destino
 - Entrega indireta
- Questão: como saber se a origem e o destino estão na mesma rede?
 - Resposta: através dos prefixos de rede
 - E como se “isola” os prefixos de rede?

Máscara de rede

- Informação utilizada para definir qual a porção de um endereço IP identifica um prefixo (rede)
- Representação em notação decimal ou contagem de bits

31	0	
11000000	10101000	00001010
11111111	11111111	11111111
192.168.10.1	255.255.255.0	OU 192.168.10.1/24

Endereço IP
Máscara de rede

192.168.10.1 255.255.255.0 OU 192.168.10.1/24

- Máscaras *defaults*:
 - Classe A: 255.0.0.0
 - Classe B: 255.255.0.0
 - Classe C: 255.255.255.0

Curiosidades

- Faixas de endereços IPv4 reservados para documentação, livros, textos didáticos, etc
 - 192.0.2.0/24
 - 198.51.100.0/24
 - 203.0.113.0/24

Leituras complementares

- Stallings, W. *Data and Computer Communications* (6th edition), Prentice Hall 1999.
 - Capítulo 15, seção 15.3 a 15.4
- Tanenbaum, A. *Computer Networks* (3th edition), Prentice Hall 1996.
 - Capítulo 5, seção 5.1, 5.5.3, 5.5.9, 5.5.7, 5.5.10
- Carissimi, A.; Rochol, J; Granville, L.Z; *Redes de Computadores*. Série Livros Didáticos. Bookman 2009.
 - Capítulo 5, seções 5.1 e 5.4 (5.4.1 e 5.4.2)