

## Redes de Computadores

### Camada de Redes

Kalinka Regina Lucas Jaquie Castelo Branco

## Camada de Enlace

Aplicação
Apresentação
Sessão
Transporte
<b>Rede</b>
Enlace
Físico

2

## Camada De Rede

### Objetivos

- ❑ Explicar as funções da camada de rede
  - Roteamento (esc. Caminho)
  - Escalabilidade
  - Como funciona um roteador
  - Tópicos avançados: ipv6, multicast
- ❑ Instanciação e implementação na internet

### Sumário:

- ❑ Serviços da camada de rede
- ❑ Roteamento: seleção de rotas
- ❑ Roteamento hierárquico
- ❑ Ip
- ❑ Protocolos de roteamento da internet
  - Intra-domain
  - Inter-domain
- ❑ Como funciona um roteador IP
- ❑ Ipv6
- ❑ Roteamento multicast

3

## Revisando...

### ❑ Nível Físico:

- Descreve os procedimentos e características mecânicas, elétricas e funcionais. É responsável pela **transmissão de bits** de um ponto a outro.

### ❑ Nível de Enlace de Dados:

- Gerencia a transmissão, **detectando e corrigindo erros** na camada física, buscando obter um canal confiável (mais confiável do que ele já é). Separa as **mensagens em quadros**, inserindo aspectos como sincronização, controle de erro e controle de fluxo.

4

## Camada de Rede - Funções

### ❑ Nível de Rede:

- Estabelece, mantém e termina conexões lógicas, é responsável pela tradução de endereços lógicos ou nomes em endereços físicos (roteamento).

ou

- Provê os meios funcionais e procedurais para a transmissão de dados orientada ou não-orientada à conexão entre entidades do nível de transporte

5

## Camada de Rede

### ❑ Funções:

- multiplexação
- endereçamento
- mapeamento entre endereços de rede e endereços de enlace
- roteamento
- estabelecimento e liberação de conexões de rede
- transmissão de unidades de dados do serviço de rede
- controle de congestionamento

6

## Propriedades

- ❑ Antes de enviar os dados, é ajustado uma conexão entre as partes.
- ❑ Assim que a conexão é estabelecida, as partes negociam os parâmetros, a qualidade e o custo do serviço oferecido.
- ❑ A comunicação flui nas duas direções, e os pacotes são enviados em sequência.
- ❑ Controle de fluxo é fornecido automaticamente.

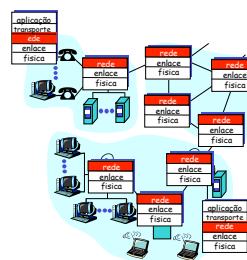
7

## Funções Da Camada De Rede

- ❑ Transportar pacotes entre os sistemas finais da rede
- ❑ A camada de rede deve ter uma entidade em cada sistema final ou roteador da rede

### 3 funções importantes:

- ❑ **Determinação de caminhos:** rota escolhida pelos pacotes entre a origem e o destino. *Algoritmos de roteamento*
- ❑ **Comutação:** mover pacotes entre as portas de entrada e de saída dos roteadores
- ❑ **Estabelecimento de conexão:** algumas arquiteturas de rede exigem o estabelecimento de circuitos virtuais antes da transmissão de dados



8

## Modelo Do Serviço De Rede

Q: como escolher um *modelo de serviço* para o canal transportando pacotes da origem ao destino?

- abstração de serviço*
- Banda-passante garantida?
  - Preservação dos intervalos entre pacotes?
  - Entrega sem perdas?
  - Entrega em ordem?
  - Realimentação de informação de congestionamento?

Nível mais geral de abstração na camada de rede

circuito virtual ou datagrama?

9

## Circuitos Virtuais (VC)

"A ligação entre a origem e o destino emula uma ligação telefônica"

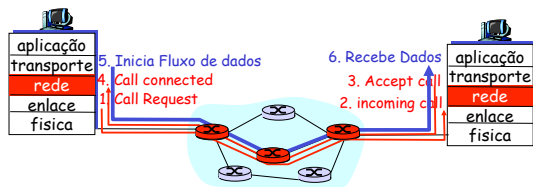
- Orientado ao desempenho
- A rede controla a conexão entre a origem e o destino

- Estabelecimento da conexão deve proceder o envio de dados. Liberação da conexão após os dados.
- Cada pacote transporte um identificador do CV, não transporta o endereço completo do destino
- Cada roteador na rota mantém informação de estado para conexão que passa por ele.
  - A conexão de camada de transporte envolve apenas os sistemas finais
- A banda passante e os recursos do roteador podem ser alocado por VC
  - Controle de Qualidade de Serviço por VC

10

## Circuitos Virtuais: Sinalização

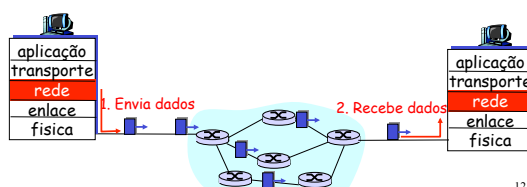
- Usado para estabelecer, manter e encerrar Circuitos Virtuais
- Usados em ATM, Frame-Relay e X-25, mas não na Internet



11

## Redes Datagrama: o modelo da Internet

- Não existem conexões na camada de transporte
- Não há informação de estado de conexão nos roteadores
  - Não existe conexão na camada de rede
- Pacotes tipicamente transportam o endereço de destino
  - Pacotes para o mesmo destino podem seguir diferentes rotas



12

## Datagrama versus Circuito Virtual

### Internet

- Dados trocados entre computadores
  - Serviço elástico, requisitos de atraso não críticos
- Sistemas finais inteligentes
  - Podem adaptar-se, realizar controle e recuperação de erros
  - A rede é simples, a complexidade fica nas pontas
- Muitos tipos de enlaces
  - Características diferentes
  - Difícil obter um serviço uniforme

### ATM

- Originário da telefonia
- Conversação humana:
  - Tempos estritos, exigências de confiabilidade
  - Necessário para serviço garantido
- Sistemas finais "burros"
  - Telefones
  - Complexidade dentro da rede

13

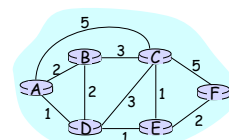
## Roteamento

### Protocolo de Roteamento

**OBJ:** determinar "bons" caminhos (seqüência de roteadores) através da rede da fonte ao destino.

Algoritmos de roteamento são descritos por grafos:

- Nós do gráfico são roteadores
- Arestas do gráfico são enlaces
  - Custo do enlace: atraso, preço ou nível de congestão



- "bons" caminhos:
  - tipicamente corresponde aos caminhos de menor custo
  - caminhos redundantes

14

## Classificação dos Algoritmos de Roteamento

### Informação global ou descentralizada

#### Global:

- Todos os roteadores tem informações completas da topologia e do custo dos enlaces
  - algoritmos "Link state"
- #### Descentralizada:
- Roteadores só conhecem informações sobre seus vizinhos e os enlaces para eles
  - Processo de computação interativo, troca de informações com os vizinhos
  - algoritmos "Distance vector"

15

### Estático ou Dinâmico?

#### Estático:

- As rotas mudam lentamente ao longo do tempo

#### Dinâmico:

- As rotas mudam mais rapidamente
  - Atualizações periódicas
  - Podem responder a mudanças no custo dos enlaces

## Algoritmo Link-state

### Algoritmo de Dijkstra's

- Topologia de rede e custo dos enlaces são conhecidos por todos os nós.
  - Implementado via "link state broadcast"
  - Todos os nós têm a mesma informação
- Computa caminhos de menor custo de um nó (fonte) para todos os outros nós
  - Fornece uma tabela de roteamento para aquele nó
- Convergência: após k iterações, conhece o caminho de menor custo para k destinos.

### Notação:

- $C(i,j)$ : custo do enlace do nó i ao nó j. Custo é infinito se não houver ligação entre i e j
- $D(v)$ : valor atual do custo do caminho da fonte ao destino V
- $P(v)$ : nó predecessor ao longo do caminho da fonte ao nó v, isto é, antes do v
- $N$ : conjunto de nós cujo caminho de menor custo é definitivamente conhecido

16

## Algoritmo de Dijkstra's

### 1 Inicialização:

- 2  $N = \{A\}$
- 3 para todos os nós  $v$
- 4 se  $v$  é adjacente a  $A$
- 5 então  $D(v) = c(A, v)$
- 6 senão  $D(v) = \infty$

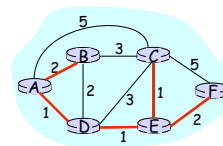
### 7 Loop

- 8
- 9 ache  $w$  não em  $N$  tal que  $D(w)$  é um mínimo
- 10 acrescente  $w$  a  $N$
- 11 atualize  $D(v)$  para todo  $v$  adjacente a  $w$  e não em  $N$ :
- 12  $D(v) = \min(D(v), D(w) + c(w, v))$
- 13 /\* novo custo para  $v$  é ou o custo anterior para  $v$  ou o menor
- 14 custo de caminho conhecido para  $w$  mais o custo de  $w$  a  $v$  \*/
- 15 até que todos os nós estejam em  $N$

17

## Exemplo: Algoritmo de Dijkstra's

Passo	início N	D(B),p(B)	D(C),p(C)	D(D),p(D)	D(E),p(E)	D(F),p(F)
→ 0	A	2,A	5,A	1,A	infinito	infinito
→ 1	AD	2,A	4,D		2,D	infinito
→ 2	ADE	2,A	3,E			4,E
→ 3	ADEB		3,E			4,E
→ 4	ADEBC					4,E
5	ADEBCF					



18

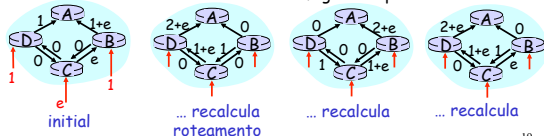
## Discussão do Algoritmo de Dijkstra

**Complexidade do Algoritmo:**  $n$  nós

- Cada iteração: precisa verificar todos os nós  $w$ , que não estão em  $N$
- $N^*(n+1)/2$  comparações:  $O(n^2)$
- Implementações mais eficientes:  $O(n \log n)$

**Oscilações possíveis:**

- E.G. custo do enlace = total de tráfego transportado



19

## Algoritmo "Distance Vector"

**Iterativo:**

- Continua até que os nós não troquem mais informações.
- *Self-terminating*: Não há sinal de parada

**Assíncrono:**

- Os nós não precisam trocar informações simultaneamente!

**Distribuído:**

- Cada nó se comunica apenas com os seus vizinhos, diretamente conectados

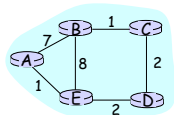
**Estrutura de Dados da Tabela de Distância**

- Cada nó tem sua própria tabela
- Linha para cada possível destino
- Coluna para cada roteador vizinho
- Exemplo: no nó  $X$ , para destino  $Y$  via vizinho  $Z$ :

$$D^X(Y, Z) = \begin{aligned} & \text{distância de } X \text{ to } Y, \text{ via } Z \text{ como prox. salto} \\ &= c(X, Z) + \min_w \{D^Z(Y, w)\} \end{aligned}$$

20

### Exemplo de Tabela de Distância



$$D^E(C,D) = c(E,D) + \min_w \{D^D(C,w)\} \\ = 2 + 2 = 4$$

$$D^E(A,D) = c(E,D) + \min_w \{D^D(A,w)\} \\ = 2 + 3 = 5 \text{ loop!}$$

$$D^E(A,B) = c(E,B) + \min_w \{D^B(A,w)\} \\ = 8 + 6 = 14 \text{ loop!}$$

destino	custo via nó vizinho			
	A	B	D	
A	1	14	5	
B	7	8	5	
C	6	9	4	
D	4	11	2	

21

### A Tabela de Distâncias Gera a Tabela de Roteamento

destino	custo através de				Enlace de saída, cost	
	A	B	D			
A	1	14	5		A	A,1
B	7	8	5		B	D,5
C	6	9	4		C	D,4
D	4	11	2		D	D,4

Tabela de distância → Tabela de Roteamento

22

### Roteamento Vetor-Distância: Resumo

#### Iterativo, assíncrono:

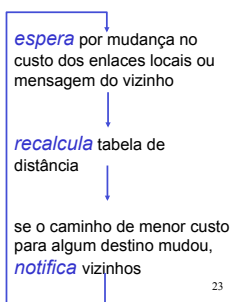
cada iteração local é causada por:

- Mudança de custo dos enlaces locais
- Mensagem do vizinho: seu caminho de menor custo para o destino mudou

#### Distribuído:

- Cada nó notifica seus vizinhos apenas quando seu menor custo para algum destino muda
  - Vizinhos notificam seus vizinhos e assim por diante

#### Cada nó:



23

### Algoritmo Vetor-Distância:

Para todos os nós, X:

- 1 Inicialização:
- 2 para todos os nós adjacentes v:
- 3  $D^X(*,v) = \text{infinito}$  /\* o operador \* significa "para todas as colunas" \*/
- 4  $D^X(v,v) = c(X,v)$
- 5 para todos os destinos, y
- 6 envia  $\min_w D^X(y,w)$  para cada vizinho /\* w sobre todos vizinhos de X \*/

24

### Algoritmo Vetor-Distância (Cont.):

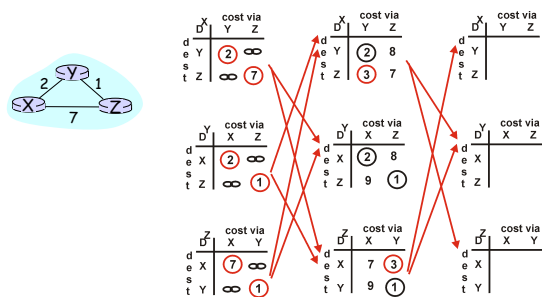
```

8 loop
9 wait (até ocorrer uma mudança no custo do enlace para vizinho V
10 ou até receber atualização do vizinho V)
11
12 if (c(X,V) muda por d)
13 /* muda o custo para todos os destinos via vizinho v por d */
14 /* nota: d pode ser positivo ou negativo */
15 para todos os destinos y:  $D^X(y,V) = D^X(y,V) + d$ 
16
17 else if (atualização recebida de V sobre destino Y)
18 /* caminho mais curto de V para algum Y mudou */
19 /* V enviou um novo valor para seu  $\min_w D^V(Y,w)$  */
20 /* chame este novo valor recebido "newval" */
21 para o único destino y:  $D^X(Y,V) = c(X,V) + \text{newval}$ 
22
23 if nós temos um novo  $\min_w D^X(Y,w)$  para algum destino Y
24 envie novo valor de  $\min_w D^X(Y,w)$  para todos os vizinhos
25
26 forever

```

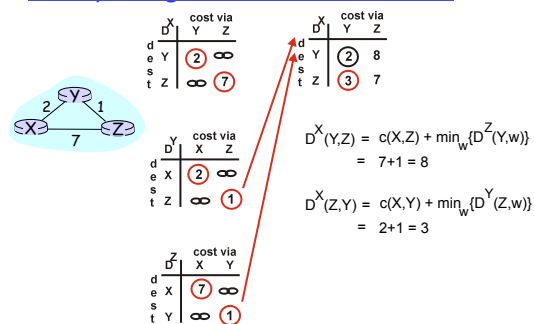
25

### Exemplo: algoritmo vetor-distância



26

### Exemplo: algoritmo vetor-distância



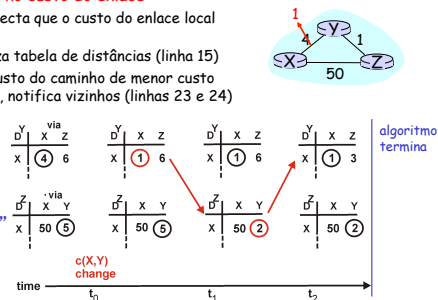
27

### Vetor-Distância: Mudança no custo do enlace

#### Mudança no custo do enlace:

- nó detecta que o custo do enlace local mudou
- atualiza tabela de distâncias (linha 15)
- se o custo do caminho de menor custo mudou, notifica vizinhos (linhas 23 e 24)

“boas notícias viajam depressa”

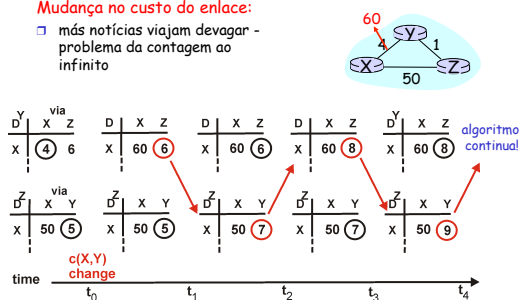


28

### Vetor Distância: Mudança no custo do enlace

#### Mudança no custo do enlace:

- más notícias viajam devagar - problema da contagem ao infinito

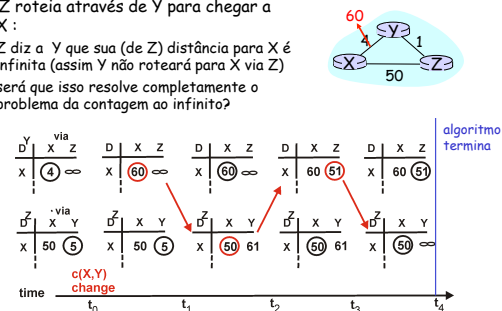


29

### Vetor Distância: Poisoned Reverse

Se Z roteia através de Y para chegar a X:

- Z diz a Y que sua (de Z) distância para X é infinita (assim Y não roteará para X via Z)
- será que isso resolve completamente o problema da contagem ao infinito?



30

### Comparação dos Algoritmos LS e VD

#### Complexidade

- **LS:** com  $n$  nós,  $E$  links,  $O(ne)$  mensagens enviadas
- **VD:** trocas somente entre vizinhos
  - Tempo de convergência varia

#### Tempo de convergência

- **LS:** algoritmo  $O(n^2)$  exige  $O(ne)$  msgs
  - Pode ter oscilações
- **VD:** tempo de convergência varia
  - Podem haver loops de roteamento
  - Problema da contagem ao infinito

**Robustez:** o que acontece se um roteador funciona mal?

#### LS:

- Nós podem advertir custos incorretos para os enlaces.
- Cada nó calcula sua própria tabela de roteamento

#### VD:

- Nó pode advertir caminhos com custo incorreto
- Tabela de cada nó é usada por outros
  - Propagação de erros pela rede

31

### Roteamento Hierárquico

Problemas do mundo real

- roteadores não são todos idênticos
- as redes não são "flat" na prática

**Escala:** com 50 milhões de destinos:

- Não é possível armazenar todos os destinos numa única tabela de rotas!
- As mudanças na tabela de rotas irão congestionar os enlaces!

**Autonomia Administrativa**

- Internet = rede de redes
- Cada administração de rede pode querer controlar o roteamento na sua própria rede

32

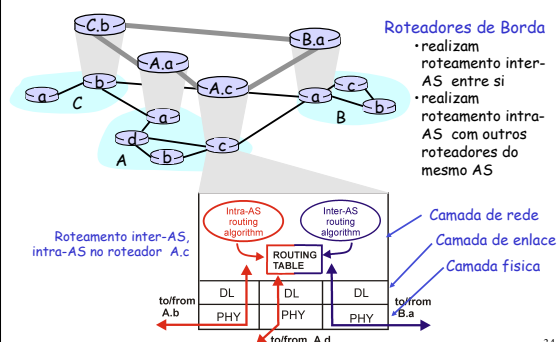


## Roteamento Hierárquico

- Agrega roteadores em regiões, “**sistemas autônomos**” (AS)
- Roteadores no mesmo AS rodam o mesmo protocolo de roteamento
  - Protocolo de roteamento “**Intra-as**”
  - Roteadores em diferentes AS podem rodar diferentes protocolos de roteamento
- roteadores de borda
  - Roteadores de interface de um AS
  - Rodam protocolos de roteamento intra-as com os outros roteadores do AS
  - Também responsáveis por enviar mensagens para fora do AS
    - Rodam **protocolo de roteamento inter-as** com outros roteadores de borda

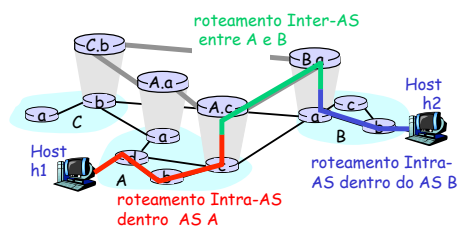
33

## Roteamento Intra-as and Inter-as



34

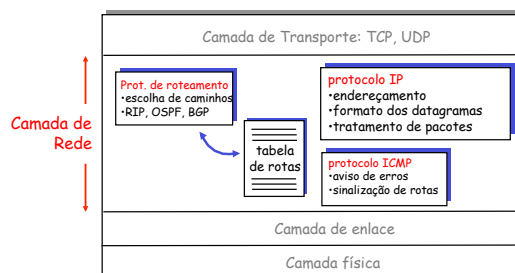
## Roteamento Intra-AS e Inter-AS



35

## A camada de rede da Internet

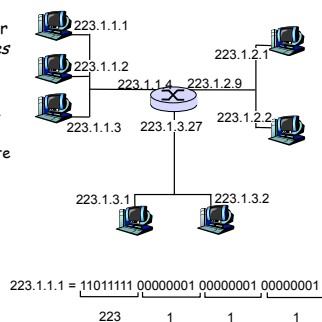
Entidade de rede em roteadores ou hosts:



36

## Endereçamento IP: Introdução

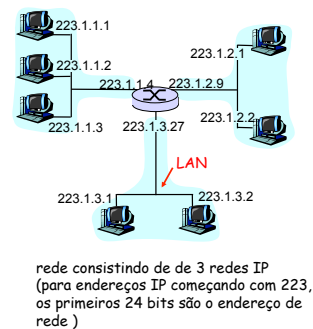
- **endereço IP:** identificador de 32-bits para *interfaces* de roteadores e hosts
- **Interface:** conexão entre roteador ou host e enlace físico
  - Roteador tem tipicamente múltiplas interfaces
  - Hosts podem ter múltiplas interfaces
  - endereços IP são associados com interfaces, não com o host ou com o roteador



37

## Endereçamento IP

- **Endereço IP:**
  - parte de rede (bits mais significativos)
  - parte de Host part (bits menos significativos)
- **O que é uma rede?** (na perspectiva do endereço)
  - Interfaces de dispositivos com a mesma parte de rede no endereço IP
  - Podem fisicamente se comunicar sem o auxílio de um roteador

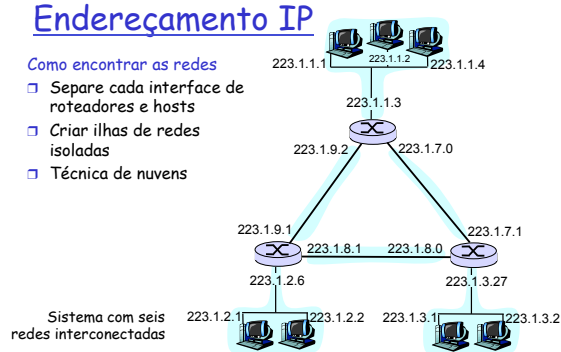


38

## Endereçamento IP

### Como encontrar as redes

- Separe cada interface de roteadores e hosts
- Criar ilhas de redes isoladas
- Técnica de nuvens



39

## Endereços IP

### endereçamento "class-full":

class

A	0	rede	host	10.0.0 to 127.255.255.255
B	10	rede	host	128.0.0 to 191.255.255.255
C	110	rede	host	192.0.0 to 223.255.255.255
D	1110	multicast address		224.0.0 to 239.255.255.255

← 32 bits →

40

## Endereçamento IP: CIDR

### Endereçamento "Classful":

- Uso ineficiente do espaço de endereçamento, exaustão do espaço de endereços
- E.G., rede de Classe B aloca endereços para 65K hosts, mesmo se só existem 2000 hosts naquela rede

### CIDR: classless interdomain routing

- A porção de endereço de rede tem tamanho arbitrário
- Formato do endereço: a.B.C.D/x, onde x é o número de bits na parte de rede do endereço

$\xleftarrow{\text{parte de rede}} \quad \xrightarrow{\text{parte de host}}$   
 11001000 00010111 00010000 00000000  
 200.23.16.0/23

41

## Como obter um endereço IP

Hosts :

- Endereço fixo: definido pelo administrador
- DHCP: dynamic host configuration protocol: permite a atribuição dinâmica de endereços IP
  - Host envia (broadcast) mensagem "DHCP discover"
  - DHCP server responde com mensagem "DHCP offer"
  - Host pede endereço IP com mensagem : "DHCP request"
  - DHCP server envia endereço com a mensagem: "DHCP ack"

42

## Como obter um endereço IP

Rede (porção de rede)

- Obter uma parte do espaço de endereços do seu ISP:

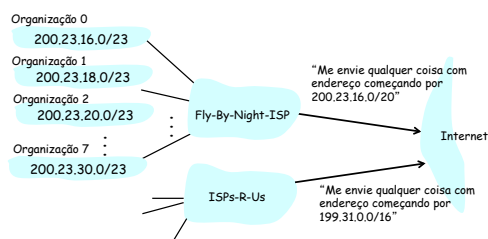
bloco do ISP    11001000 00010111 00010000 00000000    200.23.16.0/20

Organização 0	11001000 00010111 00010000 00000000	200.23.16.0/23
Organização 1	11001000 00010111 00010010 00000000	200.23.18.0/23
Organização 2	11001000 00010111 00010100 00000000	200.23.20.0/23
...	.....	....
Organização 7	11001000 00010111 00011110 00000000	200.23.30.0/23

43

## Endereçamento Hierárquico: agregação de rotas

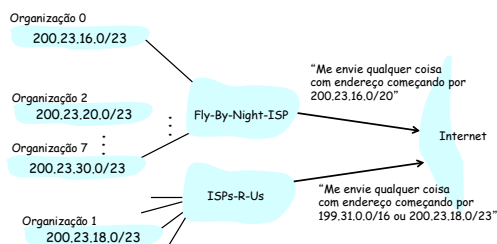
O endereçamento hierárquico permite uma propagação de rotas mais eficiente:



44

### Roteamento Hierárquico: rotas mais específicas

ISPs-R-Us tem uma rota mais específica para a organização 1



45

### Como obter um endereço IP...

**Q:** Como o ISP obtém seu bloco de endereço?

**A:** **ICANN**: internet corporation for assigned names and numbers

- Aloca endereços
- Gerencia DNS
- Atribui nomes de domínios e resolve disputas

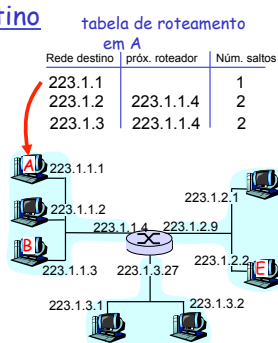
46

### Levando um Datagrama da Fonte ao Destino

datagrama IP:

outros campos	endereço IP origem	endereço IP destino	dados
---------------	--------------------	---------------------	-------

- os endereços do datagrama não mudam ao viajar da fonte ao destino



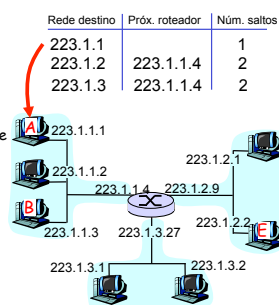
47

### Levando um Datagrama da Fonte ao Destino

outros campos	223.1.1.1	223.1.1.3	dados
---------------	-----------	-----------	-------

Começando em A, levar datagrama IP para B:

- examine endereço de rede de B
- descobre que B está na mesma rede de A
- camada de enlace envia datagrama diretamente para B num quadro da camada de enlace
- Se necessário descobre endereço físico de B
  - B e A são diretamente conectados



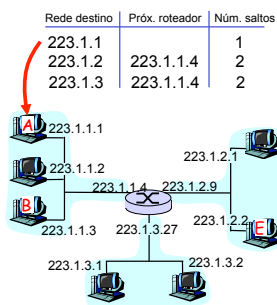
48

### Levando um Datagrama da Fonte ao Destino

outros campos	223.1.1.1	223.1.2.3	dados
---------------	-----------	-----------	-------

Começando em A, dest. E:

- examina endereço de rede de E
- E está numa rede diferente
  - A, E não estão diretamente conectados
- tabela de roteamento: próximo roteador para E é 223.1.1.4
- encontra endereço físico de 223.1.1.4 e envia o datagrama num quadro de enlace
- datagrama chega em 223.1.1.4
- continua.....



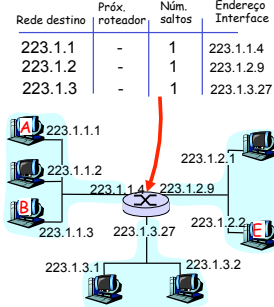
49

### Levando um Datagrama da Fonte ao Destino

outro campos	223.1.1.1	223.1.2.3	dados
--------------	-----------	-----------	-------

Chegando em 223.1.1.4, destined for 223.1.2.2

- examina endereço de rede de E
- E está na mesma rede da interface 223.1.2.9 do roteador
  - roteador e E estão diretamente ligados
- descobre endereço físico de 223.1.2.2 e envia o datagrama num quadro da camada de enlace
- datagrama chega em 223.1.2.2!!! (ufal)



50

### Endereçamento IP

- É um esquema de endereçamento lógico onde cada dispositivo conectado em rede necessita usar pelo menos um endereço IP.
- Esse endereço permite identificar o dispositivo e a rede na qual ele pertence.

51

### Endereçamento IP

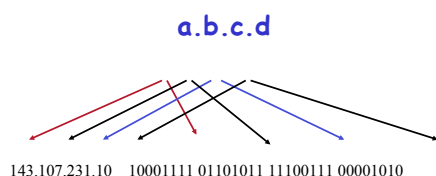
- Um endereço IP possui basicamente duas partes:
  - Indicação da rede e;
  - Indicação do dispositivo

Identificação da Rede	Identificação do Dispositivo
-----------------------	------------------------------

52

### Composição do Endereço

- O endereço IP é um número de 32 bits, representado em decimal em forma de oito bits separados, no formato:



53

### Composição do Endereço IP

- Todos os computadores dentro da mesma rede devem possuir o mesmo número de rede e o número do próprio computador, diferenciado.
- O mapeamento entre o formato numérico e um nome simbólico, como icmc.usp.br, é feito pelo servidor de nomes (*Domain Name Server - DNS*).

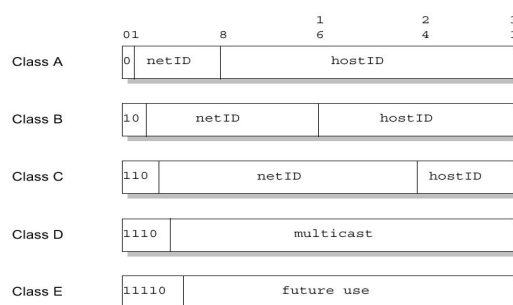
54

### Endereçamento IP

- Cada dispositivo em uma rede TCP/IP precisa ter um endereço IP único.
- Para facilitar a distribuição de endereços IP, foram especificadas 5 classes:
  - Classe A
  - Classe B
  - Classe C
  - Classe D
  - Classe E

55

### Classes de Endereços IP



56

### Classe A

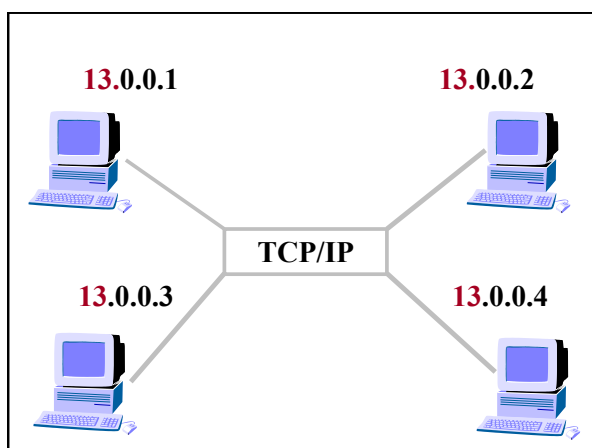
- ❑ Nos endereços de Classe A, o primeiro número identifica a rede e os outros três números identificam o próprio computador (nó).
- ❑ O bit de maior grau em uma classe A é sempre zero.
- ❑ Os próximos 7 bits (*preenchendo o primeiro octeto*) completam a identificação de rede.
- ❑ Os 24 bits restantes (*os últimos 3 octetos*) representam a identificação do host.

57

### Classe A

- ❑ Permite  $2^7-2$  redes e  $2^{24}-2$  hosts em cada
- ❑ Um endereço é classificado como Classe A, quando o primeiro número (byte) do endereço estiver entre 1 e 127.
- ❑ Exemplo:
  - 13.0.0.1
  - 80.10.69.12
  - 37.25.10.99

58



### Classe B

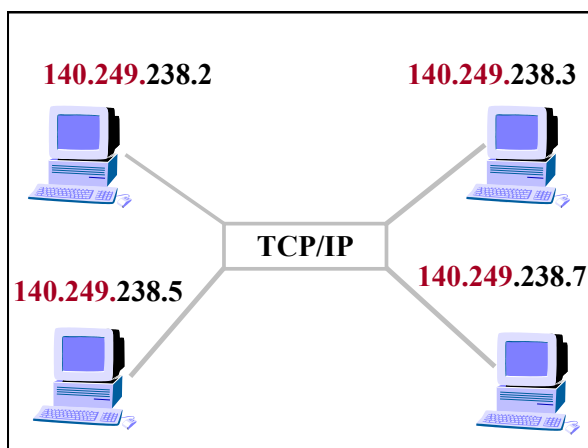
- ❑ Nos endereços de Classe B, os dois primeiros números identificam a rede e os outros dois números identificam o próprio computador (nó).
- ❑ Os 2 bits de maior grau em uma classe B são sempre os valores binários 10.
- ❑ Os próximos 14 bits (*preenchendo primeiro e o segundo octeto*) completam a identificação de rede.
- ❑ Os 16 bits restantes (*os últimos 2 octetos*) representam a identificação do host.

60

## Classe B

- Permite  $2^{14}-2$  redes e  $2^{16}-2$  hosts em cada.
- Um endereço é classificado como Classe B, quando o primeiro número (byte) do endereço estiver entre 128 e 191.
- Exemplo:
  - 133.0.0.1
  - 140.10.69.12
  - 190.25.10.99

61



## Classe C

- Nos endereços de Classe C, os três primeiros números identificam a rede e o último número identifica o próprio computador (nó).
- Os 3 bits de maior grau em uma classe C são sempre os valores binários 110.
- Os próximos 21 bits (*preenchendo os 3 primeiros octetos*) completam a identificação de rede.
- Os oito bits restantes (*o último octeto*) representam a identificação do host.

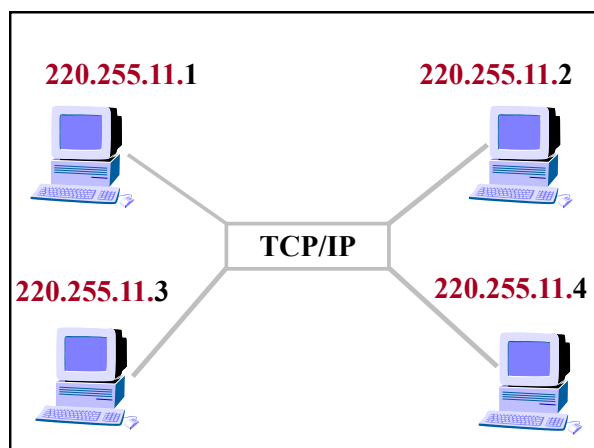
63

## Classe C

- Permite  $2^{21}-2$  redes e  $2^8 - 2$  hosts em cada.
- Um endereço é classificado com o Classe C, quando o primeiro número (byte) do endereço estiver entre 192 e 223.
- Exemplo:
  - 200.0.0.1
  - 220.10.69.12
  - 195.25.10.99

64





### Classes D

- Um endereço é classificado como Classe D, quando o primeiro número (byte) do endereço for superior a 224.
- Exemplo:
  - 225.0.0.1
  - 239.10.69.12
  - 226.25.10.99

66

### Classes D

- Esta classe está reservado para criar agrupamentos de computadores para o uso de Multicast.
- Não podemos utilizar esta faixa de endereços para endereçar os computadores de usuários na rede TCP/IP.

67

### Classes E

- A Classe E é um endereço reservado e utilizado para testes e novas implementações e controles do TCP/IP.
- São endereços IP com valores iniciais acima de 240.0.0.0
- Não podemos utilizar esta faixa de endereços para endereçar os computadores na rede TCP/IP.

68

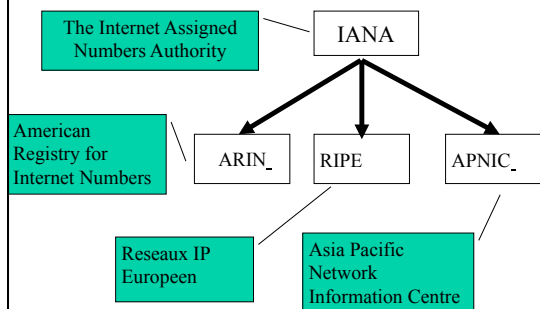
### Classes de Endereços IP - Resumo

Classe	Menor Endereço	Maior Endereço
A	1 . 0 . 0 . 0	126 . 255 . 255 . 255
B	128 . 0 . 0 . 0	191 . 255 . 255 . 255
C	192 . 0 . 0 . 0	223 . 255 . 255 . 255
D	224 . 0 . 0 . 0	239 . 255 . 255 . 255
E	240 . 0 . 0 . 0	247 . 255 . 255 . 255

	Número de redes	Hosts por rede	1º Octeto
Classe A	126	16.777.214	1 – 126
Classe B	16.384	65.534	128 – 191
Classe C	2.097.152	254	192 – 223

69

### Alocação de números da Internet



70

### Máscara de Rede

- ❑ É formada por 32 bits no mesmo formato que o endereçamento IP.
- ❑ Utilizado para definir a rede a qual pertence o computador.
- ❑ A rede do computador é obtida a partir de um AND entre o endereço do computador e a máscara.

71

### Máscara de Rede

- ❑ Se a rede do computador destino for a mesma do computador origem o dado é enviado diretamente para o computador destino através da sub-rede
- ❑ Se a rede for diferente os pacotes são enviados para o roteador.

72

### Máscaras comuns

- ❑ Cada bit 1 - parte do endereço usado para a rede.
- ❑ Cada bit 0 - parte do endereço usado para as máquinas.
- ❑ Classe A: 255.0.0.0
- ❑ Classe B: 255.255.0.0
- ❑ Classe C: 255.255.255.0

73

### Encontrando a rede...

Endereço IP:	200 . 237 . 190 . 21	
		AND
Máscara de rede:	255 . 255 . 255 . 0	
	=====	
	200 . 237 . 190 . 0	Endereço de rede

74

### Em binário...

```

(200.237.190.21)
11001000.11101101.10111110.10101
(255.255.255.0)
11111111.11111111.11111111.0
-----
11001000.11101101.10111110.0
(200.237.190.0)

```

75

### Encontrando a rede...

200.145.31.34	→	200.145.31.3	
255.255.255.0		255.255.255.0	
200.145.31.0		200.145.31.0	Mesma Rede!!

76

### Encontrando a máquina...

Endereço IP:	200 . 237 . 190 . 21	
		AND
NOT Máscara de rede:	0 . 0 . 0 . 255	
	=====	
	0 . 0 . 0 . 21	Endereço de máquina

77

### Sub-redes (subnet)

- A estrutura de endereçamento IP pode ser mudada localmente (a critério do administrador de rede), usando-se bits de endereçamento de máquina como um adicional para endereçamento de rede;

78

### Sub-redes

- O **número do host** é dividido em número da sub-rede e número do host. O número IP é agora interpretado como:

<network number><subnet number><host number>

- A divisão é feita usando uma máscara de rede "não padrão" que permita extrair os endereços de rede e de máquina corretamente.

79

### Sub-redes - Exemplo

- Por exemplo: uma rede classe B
 

16 bits	16 bits
<network number>	<host number>
- Os 16 bits do número do host podem ser usados da seguinte forma:
  - o primeiro byte é o número da subnet e o segundo byte é o número do host.
  - $2^8-2$  (254, valores 0 e 255 são reservados) subnets possíveis
  - $2^8-2$  hosts em cada subnet
  - máscara = 255,255,255,0

80

### Sub-redes - Exemplo

- ❑ Rede classe C 165.214.32.0 precisa ser dividida em:
  - 3 subnets com 50 hosts e;
  - 2 subnets com 30 hosts.
- ❑ Pode-se usar a máscara 255.255.255.192 para dividir a rede em 4 sub-redes de 64 máquinas.

81

### Sub-redes - Exemplo

- ❑ Rede 1:
  - Sub-rede A - 165.214.32.0 até 165.214.32.63
  - Sub-rede B - 165.214.32.64 até 165.214.32.127
  - Sub-rede C - 165.214.32.128 até 165.214.32.191
- ❑ Rede 2:
  - Sub-rede D - 165.214.32.192 até 165.214.32.255

82

### Sub-redes - Exemplo

- ❑ A última sub-rede (Sub-rede D) pode ser segmentada com a máscara 255.255.255.224, resultando em duas sub-redes de 32 hosts
- ❑ Rede 2:
  - Sub-rede D - 165.214.32.192 até 165.214.32.223
- ❑ Rede 3:
  - Sub-rede E - 165.214.32.224 até 165.214.32.255

83

### Resolvendo do endereço

- ❑ Por exemplo, o IP 165.214.32.68 pertence à rede 1:
 

```

10100101 11010110 10000000 1000100 (IP)
11111111 11111111 11111111 11000000 (máscara)
----- AND Lógico
10100101 11010110 10000000 10000000 (165.214.32.64 = Rede 1)
```

84

### Resolvendo do endereço

- ❑ O IP 165.214.32.201 pertence à rede 2:

```
10100101 11010110 10000000 11001001 (IP)
11111111 11111111 11111111 11000000 (máscara)
----- AND Lógico
10100101 11010110 10000000 11000000 (165.214.32.192 = Rede 2)
```

85

### Resolvendo do endereço

- ❑ O IP 165.214.32.251 pertence à rede 3:

```
10100101 11010110 10000000 11111011 (IP)
11111111 11111111 11111111 11100000 (máscara)
----- AND Lógico
10100101 11010110 10000000 11100000 (165.214.32.224 = Rede 3)
```

86