

Chapter 4

Network Layer



A note on the use of these ppt slides:

We're making these slides freely available to all (faculty, students, readers). They're in powerpoint form so you can add, modify, and delete slides (including this one) and slide content to suit your needs. They obviously represent a *lot* of work on our part. In return for use, we only ask the following:

- ☐ If you use these slides (e.g., in a class) in substantially unaltered form, that you mention their source (after all, we'd like people to use our book!)
- ☐ If you post any slides in substantially unaltered form on a www site, that you note that they are adapted from (or perhaps identical to) our slides, and note our copyright of this material.

Thanks and enjoy! JFK/KWR

All material copyright 1996-2002
J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved

*Computer Networking:
A Top Down Approach
Featuring the Internet,
2nd edition.*

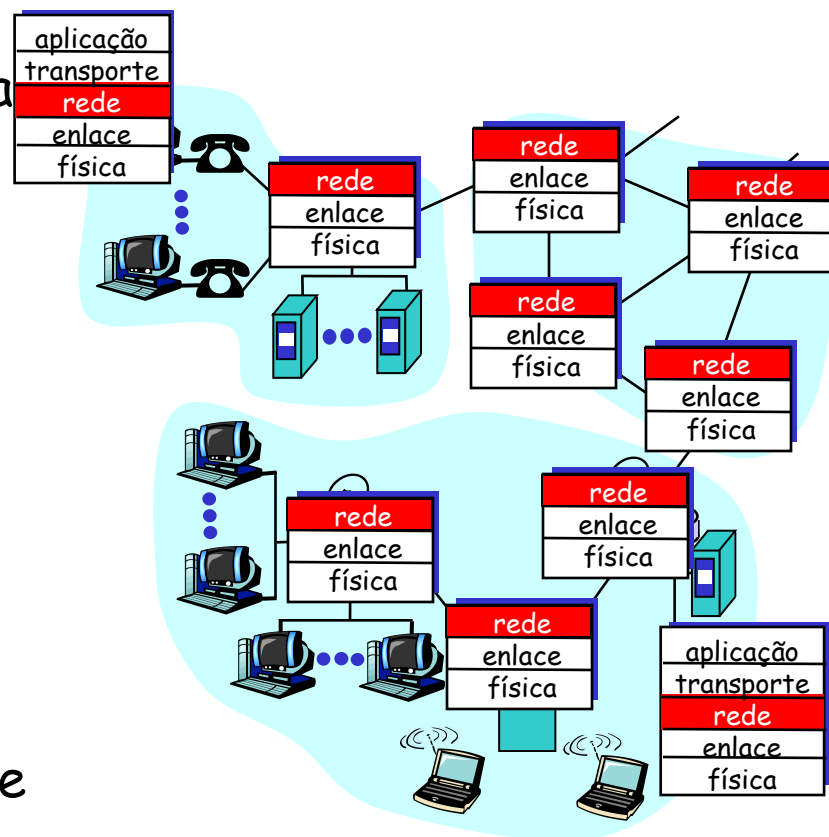
*Jim Kurose, Keith Ross
Addison-Wesley, July
2002.*

AULA 12

- ❑ A camada de rede - introdução;
- ❑ Repasse e roteamento;
- ❑ Modelos de serviços de rede;
- ❑ Redes de circuitos virtuais e datagramas;
- ❑ Exercício;

Camada de rede

- ❑ transporta segmentos da estação remetente à receptora
- ❑ no lado remetente, encapsula segmentos dentro de datagramas
- ❑ no lado receptor, entrega os segmentos para a camada de transporte
- ❑ protocolos da camada de rede em todos os sistemas finais e roteadores
- ❑ roteadores examinam campos de cabeçalho de todos os datagramas IP que passam por eles



Funções principais da camada de rede

❑ *encaminhamento*: move pacotes de uma entrada do roteador para a saída apropriada

❑ *roteamento*: determina a rota a ser seguida pelos pacotes da fonte até o destino

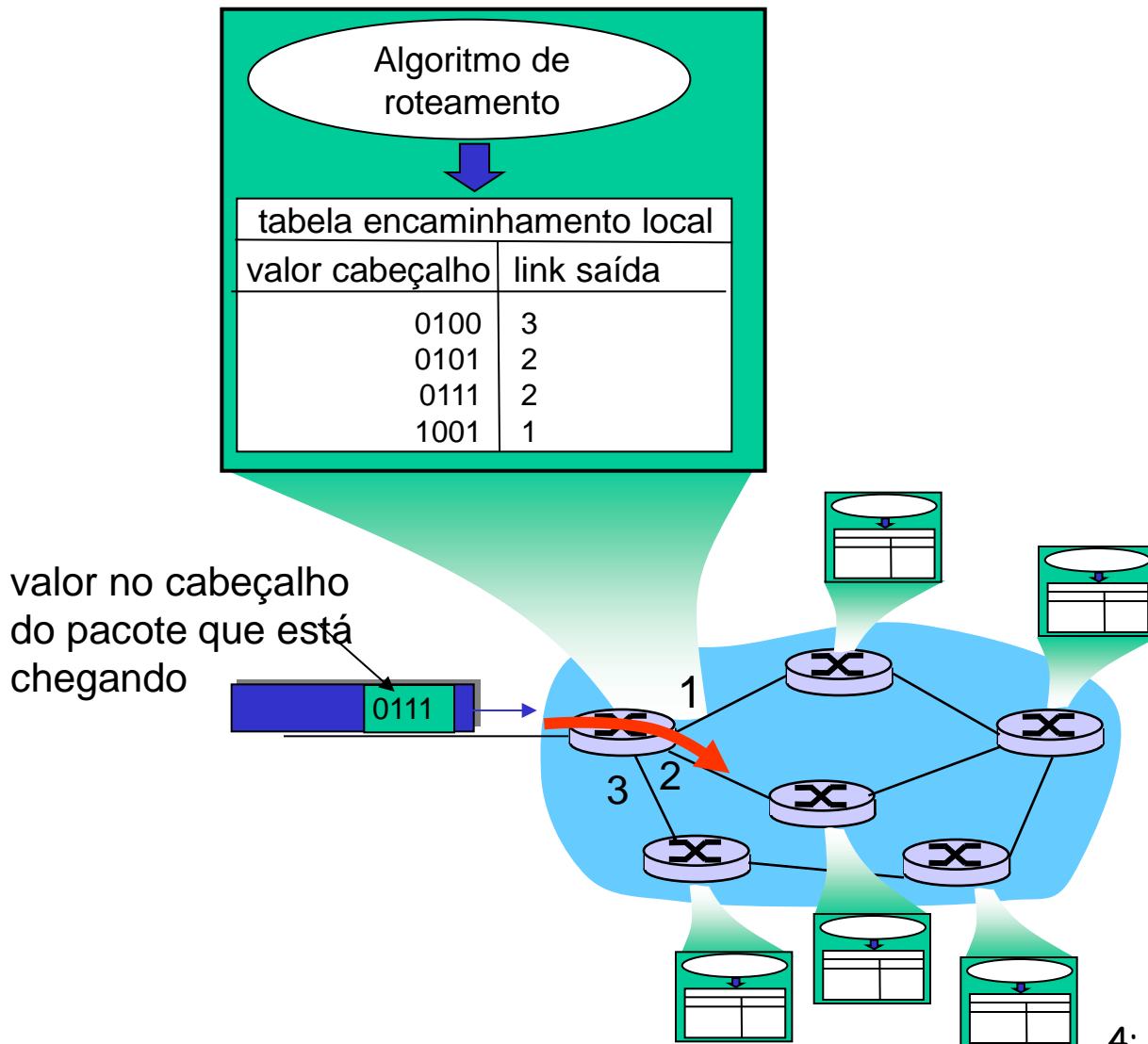
○ *Algoritmos de roteamento*

analogia:

❑ *roteamento*: processo de planejar uma viagem da origem até o destino

❑ *encaminhamento*: processo de atravessar uma encruzilhada durante a viagem

Relacionamento entre roteamento e encaminhamento



Termos usados

Comutador de pacotes

- ❑ Comutadores de camada de enlace (veremos no próximo capítulo)
- ❑ Dispositivo que transfere um pacote de interface de enlace de entrada para interface de enlace de saída conforme valor que está no campo do cabeçalho do pacote.

roteador

- ❑ Baseiam sua decisão de repasse no valor que está no campo de camada de rede.
- ❑ Vamos usar este termo!
- ❑ Até mesmo quando falarmos de comutadores de pacotes em redes de circuito virtuais a seguir!

Estabelecimento de conexão

- ❑ 3ª função importante em algumas arquiteturas de rede:
 - ATM, frame relay, X.25
- ❑ Antes dos datagramas fluírem, dois *hosts* e roteadores intermediários estabelecem uma conexão virtual
 - Roteadores são envolvidos
- ❑ Serviço de conexão das camadas de transporte e de rede:
 - **Rede:** entre dois *hosts*
 - **Transporte:** entre dois processos

Modelo de serviço de rede

Q: Qual é o *modelo de serviço* para o "canal" que transporta pacotes do remetente ao receptor?

Exemplos de serviços para datagramas individuais:

- ☐ Entrega garantida
- ☐ Entrega garantida com atraso menor que 40 mseg

Exemplos de serviços para fluxos de datagramas:

- ☐ Entrega ordenada
- ☐ Banda mínima garantida para o fluxo
- ☐ Restrições quanto a alterações no espaçamento entre os pacotes

Modelos de serviço da camada de rede:

Arquitetura de Rede	Modelo de serviço	Garantias ?				Informa s/ congestion.?
		Banda	Perdas	Ordem	Tempo	
Internet	melhor esforço	nenhuma	não	não	não	não (inferido via perdas)
ATM	CBR	taxa constante	sim	sim	sim	sem congestion.
ATM	VBR	taxa garantida	sim	sim	sim	sem congestion.
ATM	ABR	mínima garantida	não	sim	não	sim
ATM	UBR	nenhuma	não	sim	não	não

exercício

1. O nome de um pacote da camada de transporte é segmento, e na camada de enlace é quadro. Qual é o nome de um pacote na camada de rede?
2. O que é o Repasse?
3. O que é o Roteamento?
4. Qual é a diferença fundamental entre um roteador e um comutador da camada de enlace?
5. O que é o estabelecimento de conexão?
6. O que o modelo de serviço de rede define?
7. A camada de rede da Internet fornece um único modelo de serviço. Que serviço é esse? Explique.

Capítulo 4: Camada de Rede

- ❑ 4.1 Introdução
- ❑ 4.2 Redes baseadas em circuitos virtuais e datagramas

Serviços da camada de rede (duas classes fundamentais)

- ❑ Rede datagrama provê um serviço de camada de rede não orientado a conexões
- ❑ Rede CV provê um serviço de camada de rede orientado a conexões
- ❑ **Utilizam informações muito diferentes para tomar suas decisões de repasse**
- ❑ Embora os serviços de camada de rede orientados para conexão e não orientados para conexão tenham algumas semelhanças com os mesmos serviços oferecidos pela camada de transporte, há diferenças cruciais:

Serviços da camada de rede (diferenças)

- ❑ Na camada de rede
 - **Serviço:** *host-a-host* provido à camada de transporte
- ❑ *Em todas as arquiteturas (Internet, ATM, frame relay...)*
 - **Sem escolha:** rede provê ou um ou o outro serviço, mas não ambos
- ❑ As execuções de serviço orientado para conexão na **camada de transporte** e de serviço de conexão na camada de rede são diferentes
 - **Implementação:** no núcleo da rede bem como nos sistemas finais

host

Circuitos virtuais(ATM, frame relay, X.25)

"caminho da-origem-ao-destino se comporta como um circuito telefônico"

- em termos de desempenho
- em ações da rede ao longo do caminho da-origem-ao-destino

- estabelecimento de cada chamada *antes* do envio dos dados
- cada pacote tem ident. de CV (e não endereços origem/dest)
- *cada* roteador no caminho da-origem-ao-destino mantém "estado" para cada conexão que o atravessa
- recursos de enlace, roteador (banda, *buffers*) podem ser *alocados* ao CV

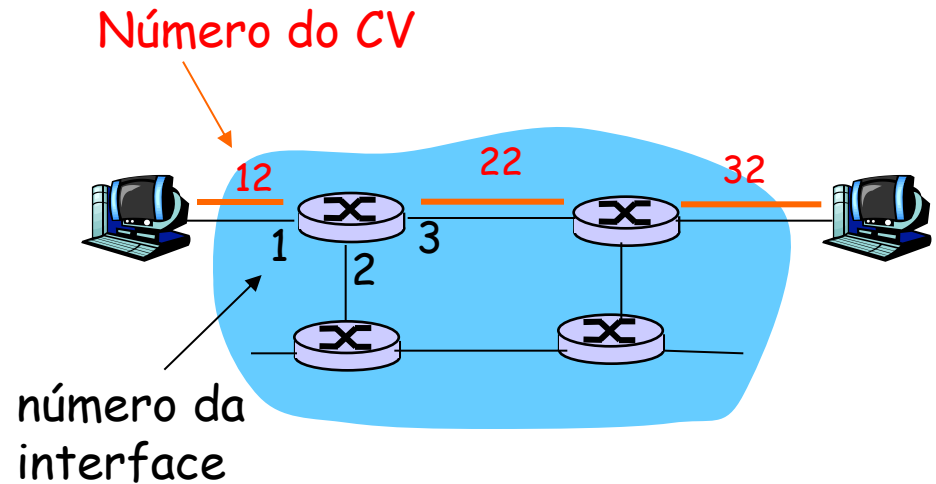
Implementação de CV

Um CV consiste de:

1. Caminho da origem para o destino
 2. Números (identificadores) de CV, um número para cada enlace ao longo do caminho
 3. Entradas nas tabelas de encaminhamento dos roteadores ao longo do caminho
- ❑ Pacote que pertence a um CV carrega o número do CV
 - ❑ Número do CV deve ser trocado a cada enlace
 - Novo número do CV vem da tabela de repasse

Tabela de repasse

Tabela de repasse
no roteador noroeste:

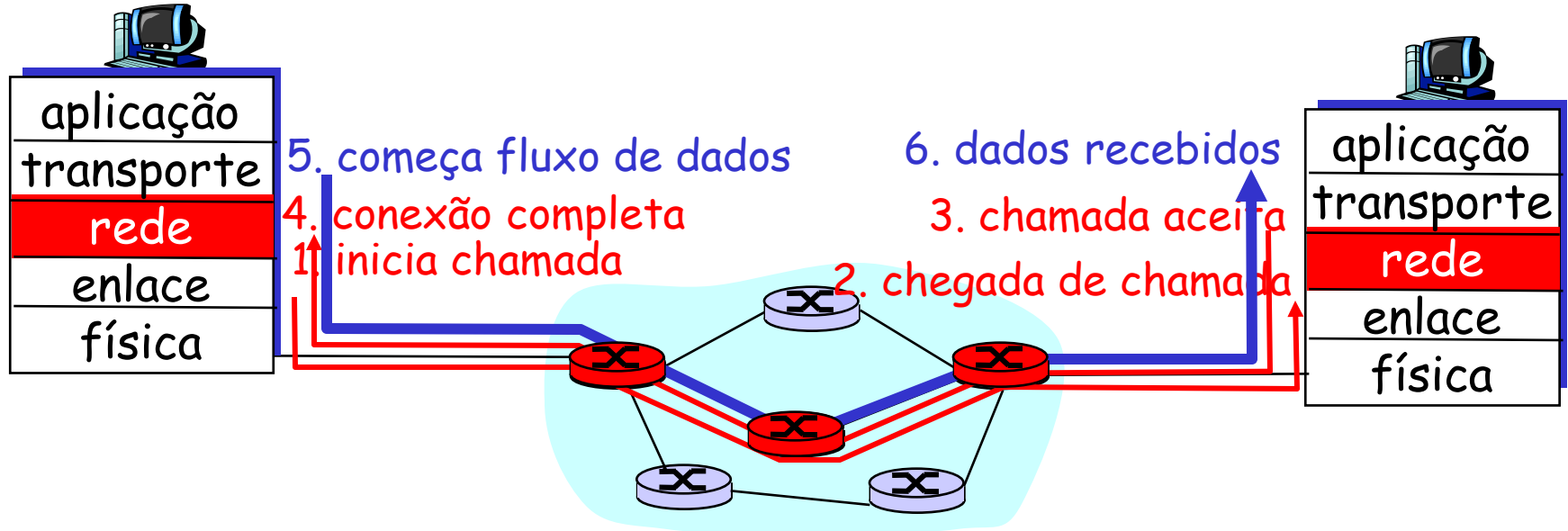


Interface de entrada	# CV de entrada	Interface de saída	# CV de saída
1	12	3	22
2	63	1	18
3	7	2	17
1	97	3	87
...

Roteadores mantêm informação sobre o estado da conexão!

Circuitos virtuais: protocolos de sinalização

- ❑ usados para estabelecer, manter, destruir CV
- ❑ usados em *ATM*, *frame-relay*, *X.25*
- ❑ não usados na Internet de hoje



Rede de datagramas: o modelo da Internet

- ❑ não requer estabelecimento de chamada na camada de rede
- ❑ roteadores: não guardam estado sobre conexões fim a fim
 - não existe o conceito de "conexão" na camada de rede
- ❑ pacotes são roteados tipicamente usando endereços de destino
 - 2 pacotes entre o mesmo par origem-destino podem seguir caminhos diferentes

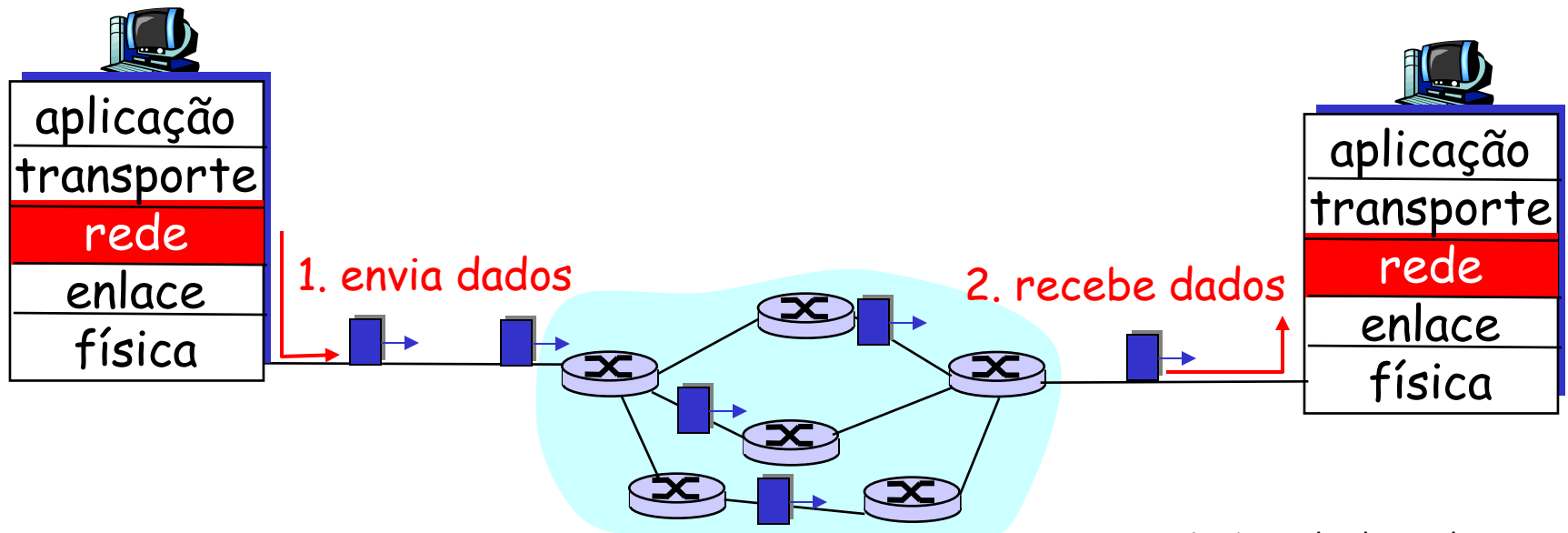


Tabela de repasse

4 bilhões de
entradas possíveis

Faixa de Endereços de Destino

Interface de Saída

11001000.00010111.00010000.00000000

a

0

11001000.00010111.00010111.11111111

11001000.00010111.00011000.00000000

a

1

11001000.00010111.00011000.11111111

11001000.00010111.00011001.00000000

a

2

11001000.00010111.00011111.11111111

caso contrário

3

Casamento com o prefixo mais longo

prefixo do endereço (21 bits)

11001000 .00010111. 00010

11001000.00010111. 00011000

11001000.00010111. 00011

caso contrário

Interface de Saída

0

1

2

3

Exemplos

ED: 11001000 00010111 00010110 10100001

Qual interface?

ED: 11001000 00010111 00011000 10101010

Qual interface?

Casamento com o prefixo mais longo

prefixo do endereço (21 bits)

11001000 .00010111. 00010

11001000.00010111. 00011000

11001000.00010111. 00011

caso contrário

Interface de Saída

0

1

2

3

Exemplos

ED: 11001000 00010111 00010110 10100001

Qual interface? 0

ED: 11001000 00010111 00011000 10101010

Qual interface? 1

ED: 11001000 00010111 00011000 10101010

Qual interface? 2

Quando há várias concordâncias de prefixos o roteador usa a regra de Concordância do prefixo mais longo e envia o pacote aquela interface.

exercício

1. Quais são as duas classes fundamentais de redes de computadores?
2. Quais as diferenças cruciais entre os serviços da camada de rede orientados para conexão e não orientados com os mesmos serviços oferecidos pela camada de transporte?