第八章

交换

Figure 8.1 *交换网络*

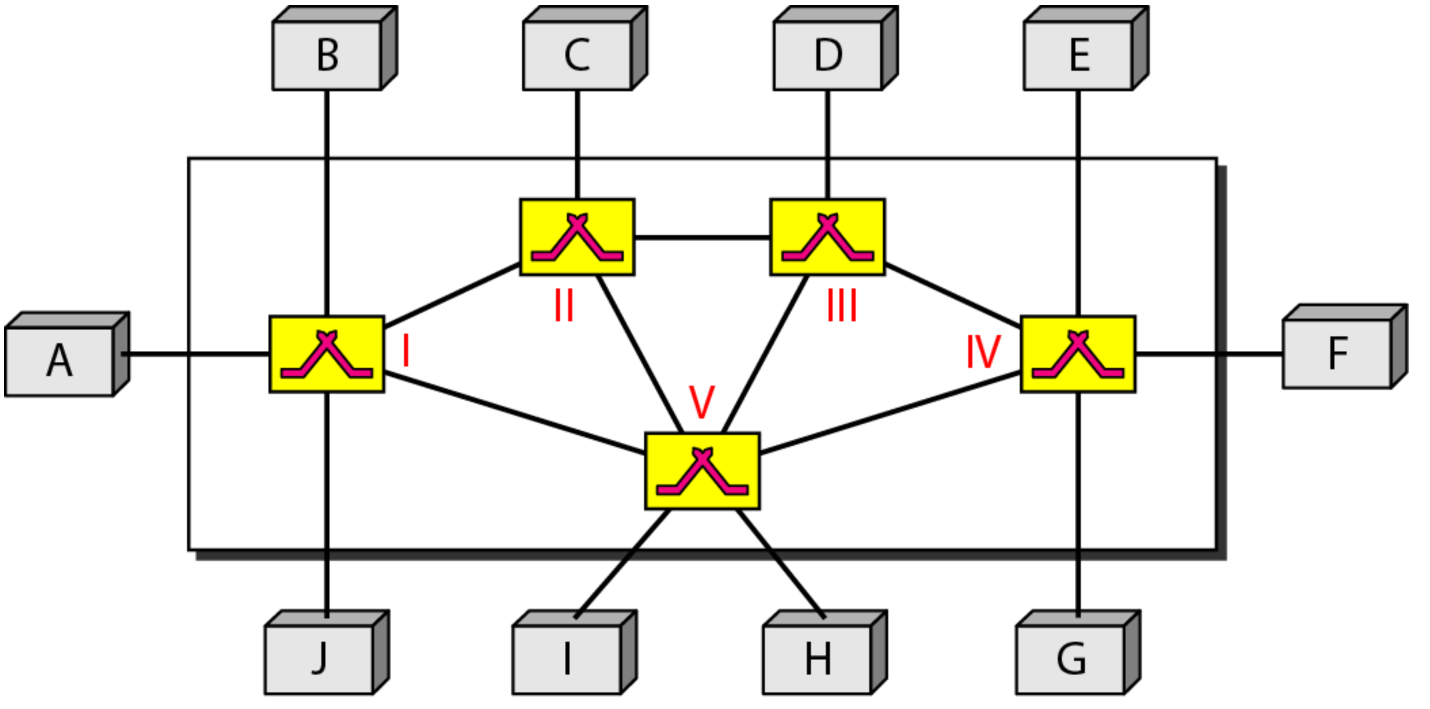
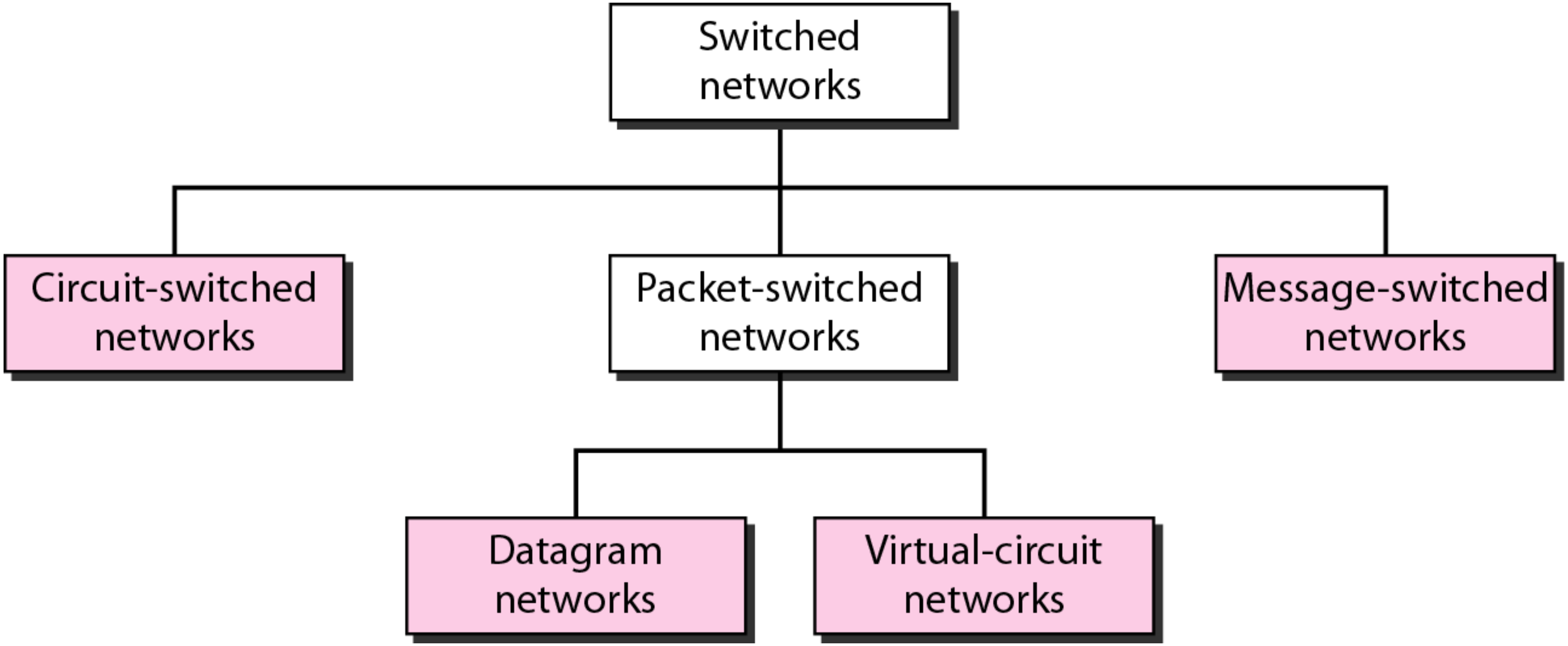


Figure 8.2 *交换网络分类法*



8-1　电路交换网络

电路交换网络是由物理链路连接的一组交换机组成的。两个站点间的连接由一条或多条链路组成的专用路径来实现。然而每次连接仅使用每条链路上的一条专用通道。通常每条链路用FDM或TDM划分成n个通道。

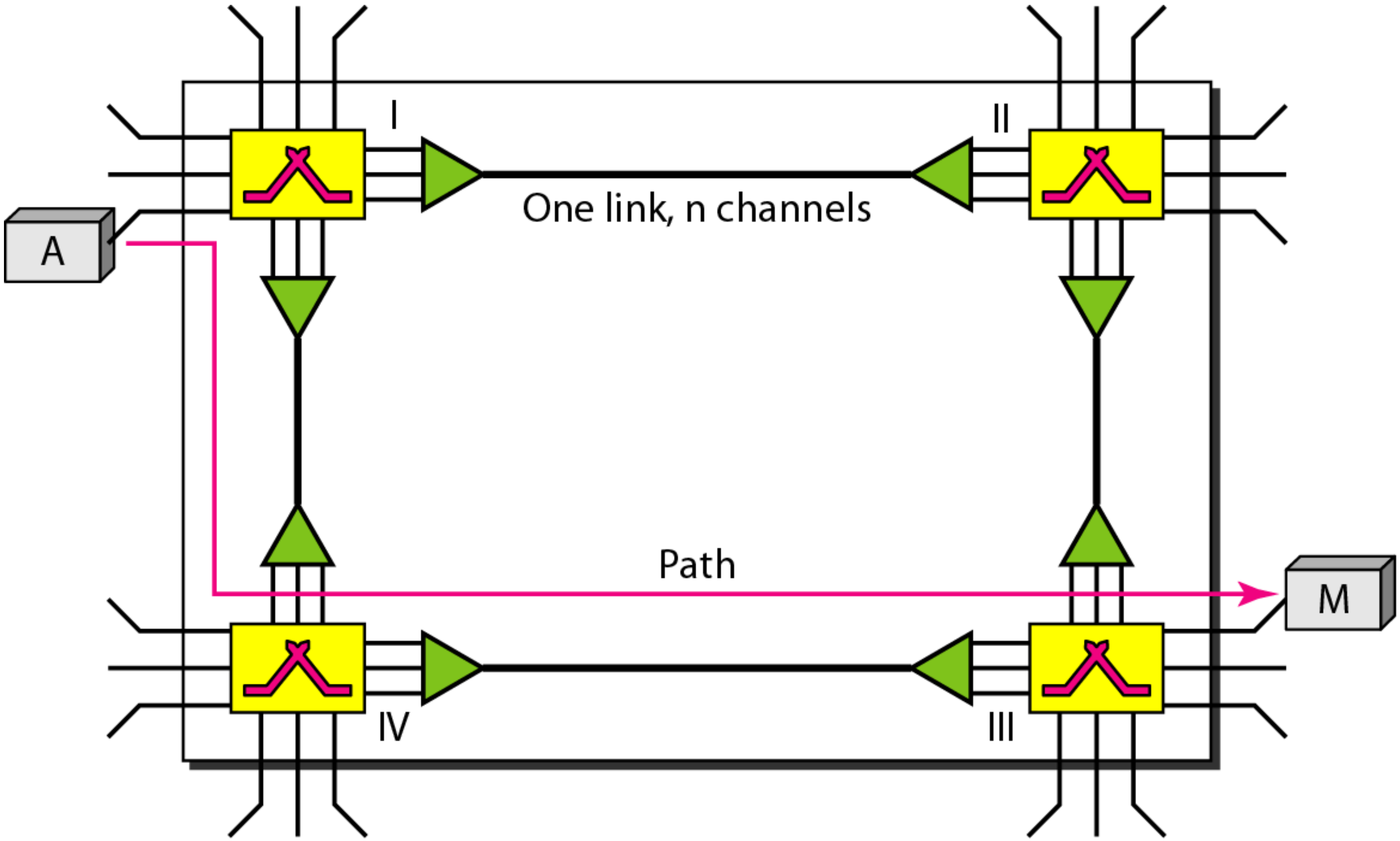
本节主题:

三个阶段
效率
延迟
电话网中的电路交换技术

注意

电路交换网络由物理链路连接的一组交换机组成，每条链路被分成了n个通道。

Figure 8.3 *一个普通的电路交换网*



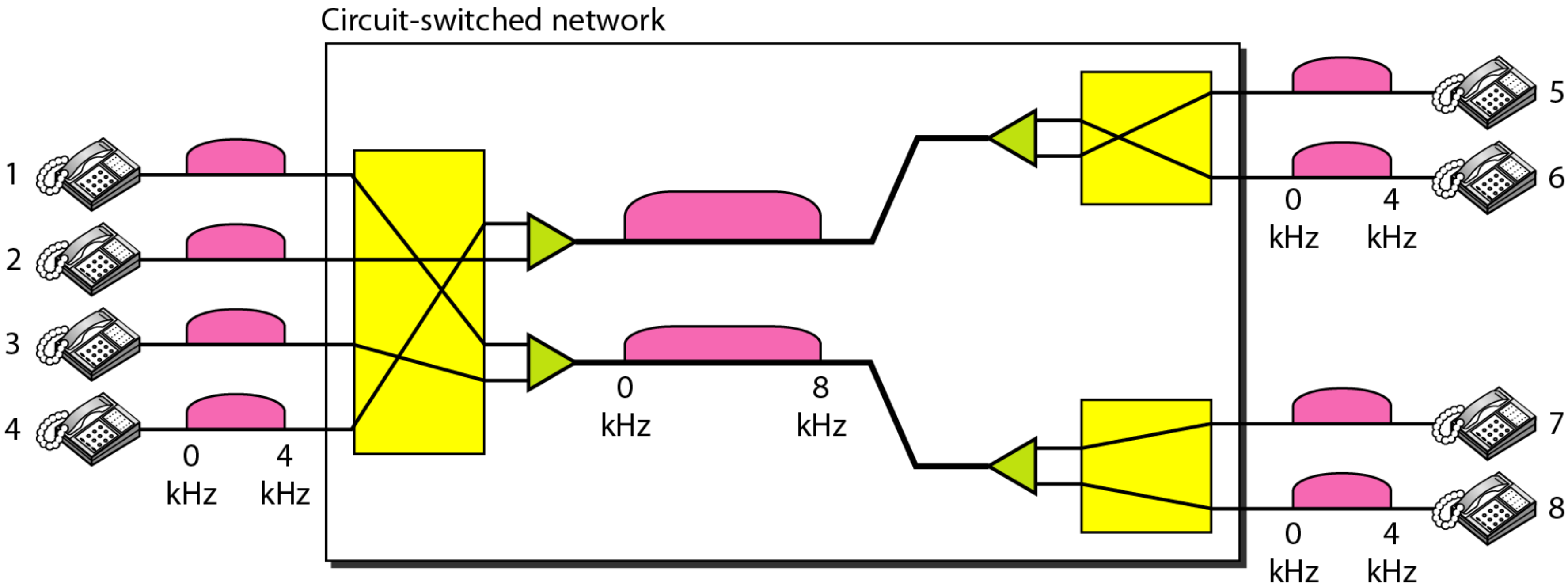
注意

在电路交换中，建立阶段必须预留资源，以作为整个数据传输间的专用资源直到拆除阶段。

Example 8.1

作为一个简单的例子，让我们考察在一个小范围内连接八台电话机的电路交换网络，其通信通过4kHz的语音通道，假定每条链路用FDM连接最大语音通道是两个，每条链路带宽为8kHz，图8.4表示了电话机1连接到电话机7，电话机2连接到电话机5，电话机3连接到电话机8和电话机4连接到电话机6的情况。当然，当新连接发生时，情况会有变化。交换机控制这些链接。

Figure 8.4 *例8.1所用的电路交换网*



Example 8.2

作为另一个例子，考虑某个私人公司两个远程办公室计算机的连接，办公室从通信服务提供商租用T-1专用线连接这些计算机。在这个网络中，有两台4*8（4输入8输出）交换机。每台交换机中4个输出端与输入端重叠以允许同一办公室的计算机之间通信，另外4个输出端允许两个办公室间通信。图8.5表示了这个情况。

Figure 8.5 *例8.2所用的电路交换网*

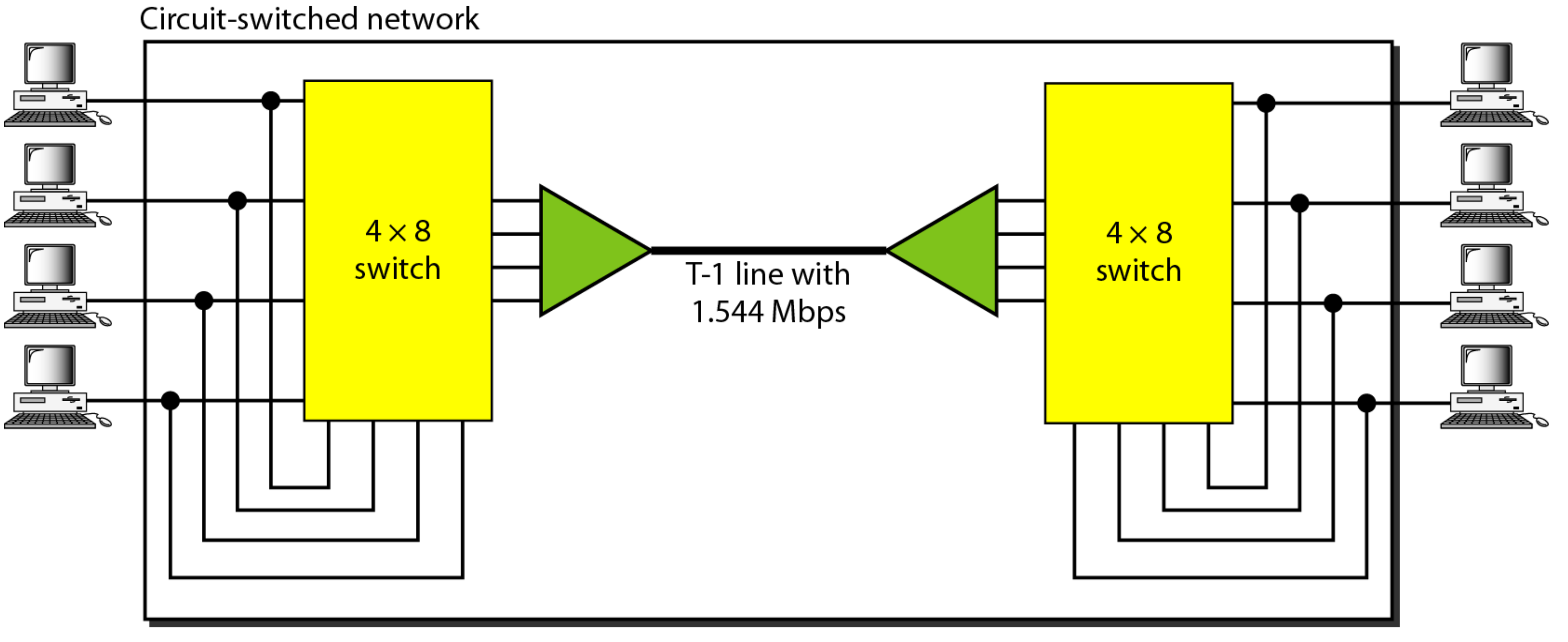
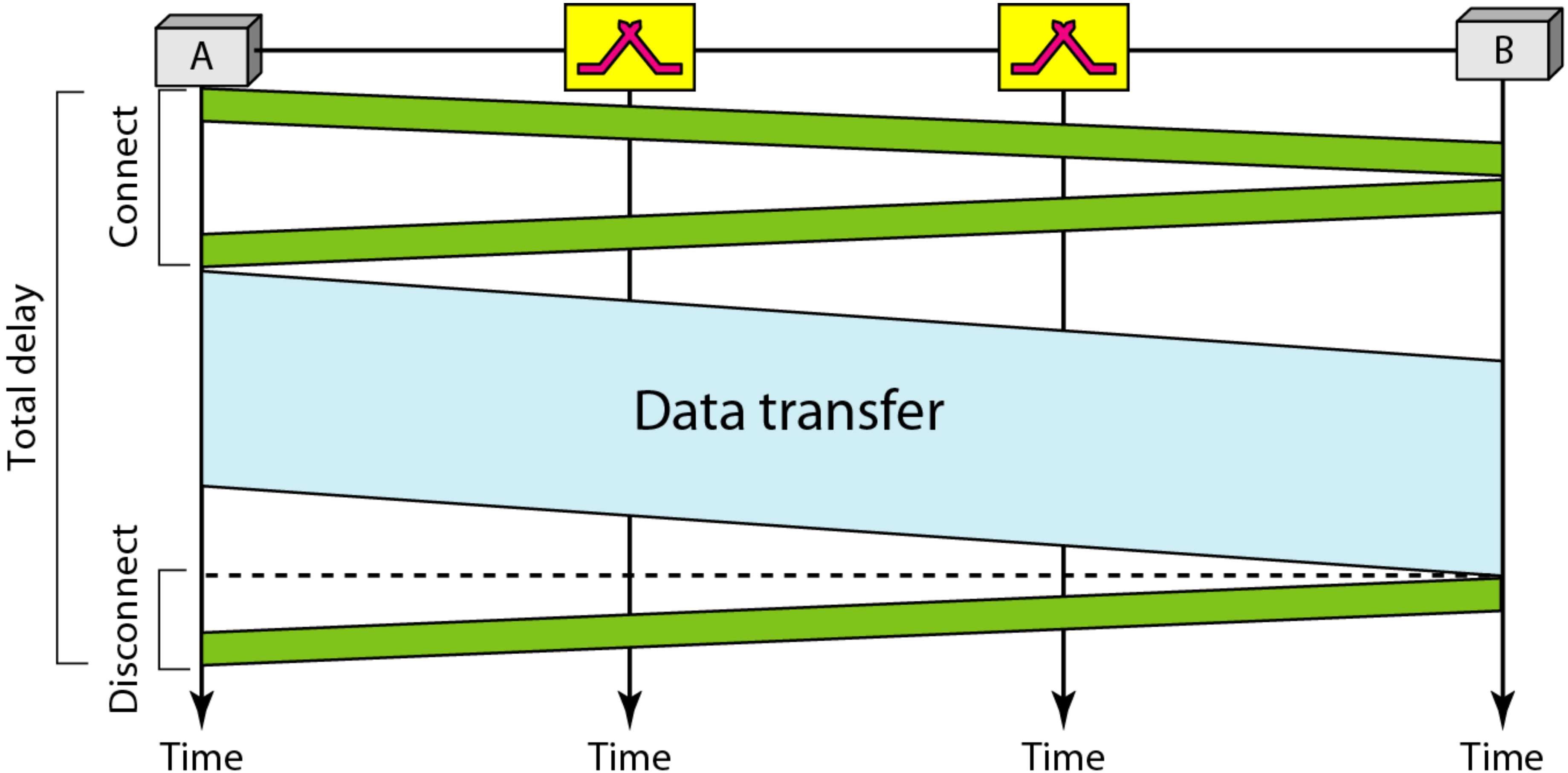


Figure 8.6 *电路交换网中的延迟*



注意

在传统电话网物理层的交换采用电路交换的方法。

8-2　数据报网络

在数据通信中，我们需要从一个端系统发送报文到另一个端系统。如果经过分组交换网传送报文，则报文必须划分为一些固定长短的分组或可变长的分组，分组长度由网络和控制协议决定。

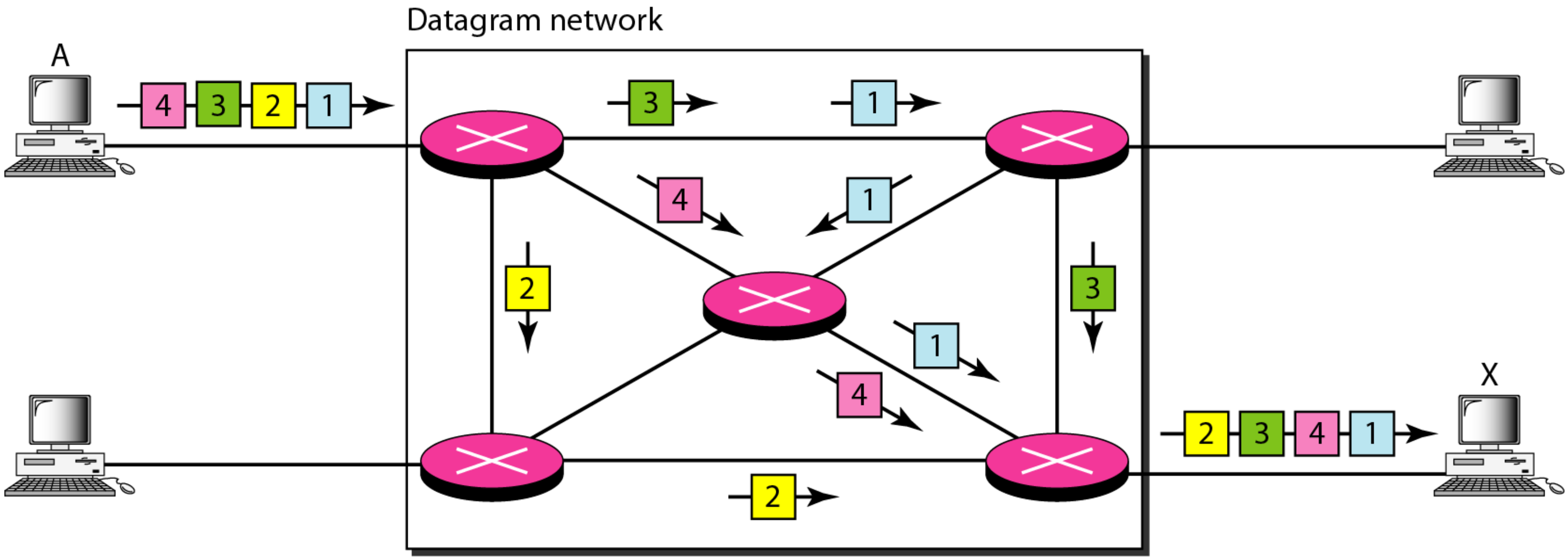
本节主题：

路由表
效率
延迟
因特网中的数据报网

注意

在分组交换网中，不存在资源预留，资源按需分配。

Figure 8.7 *有4个交换机（路由器）的数据报网*



Datagram Diagram

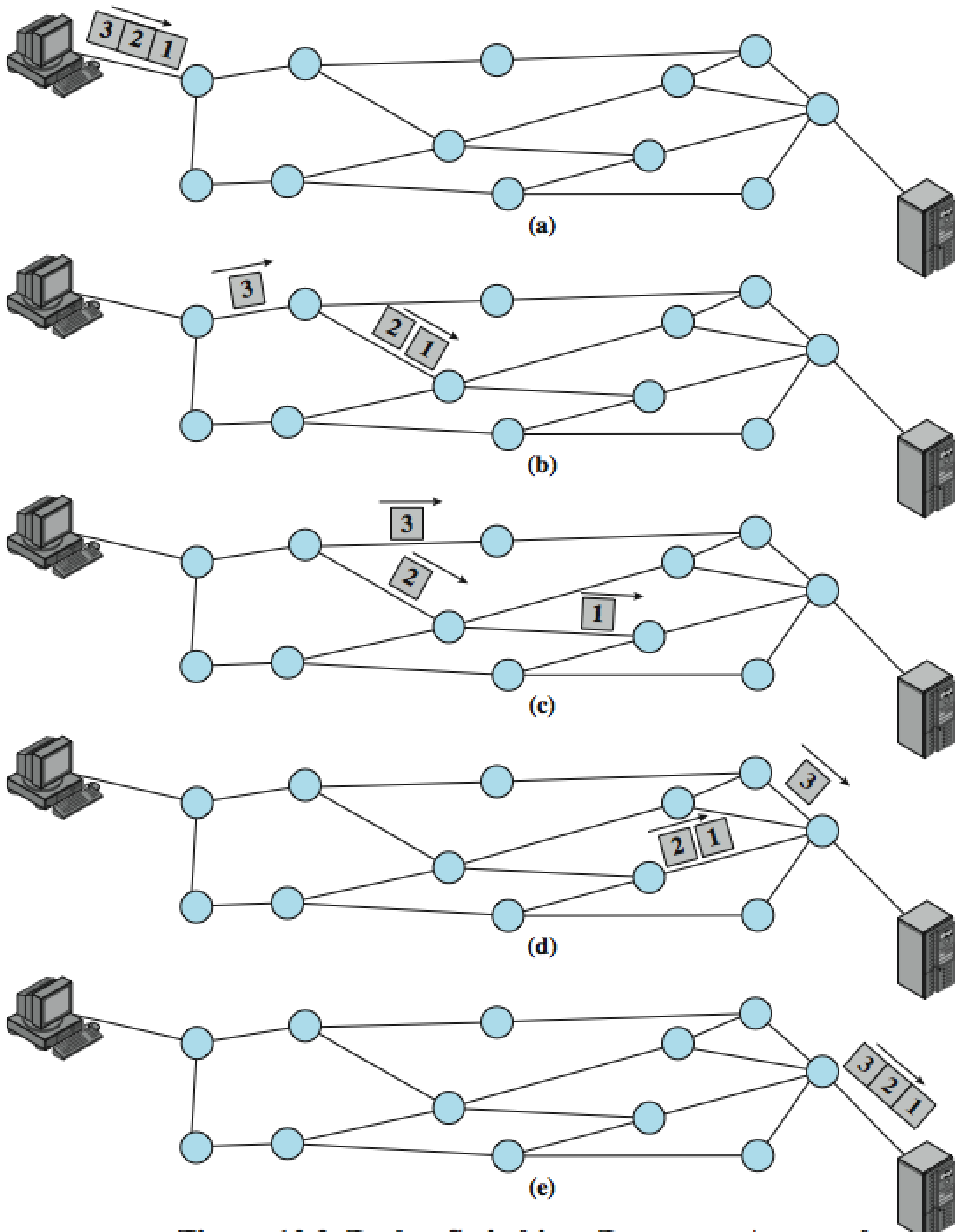
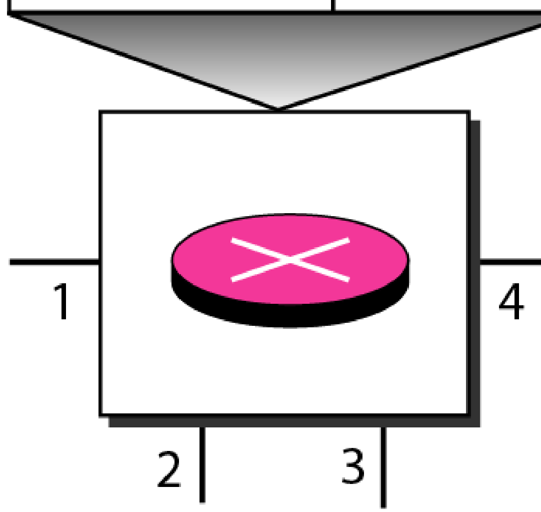


Figure 10.9 Packet Switching: Datagram Approach

Figure 8.8 *数据报网中的路由表*

Destination address	Output port
1232	1
4150	2
⋮	⋮
9130	3



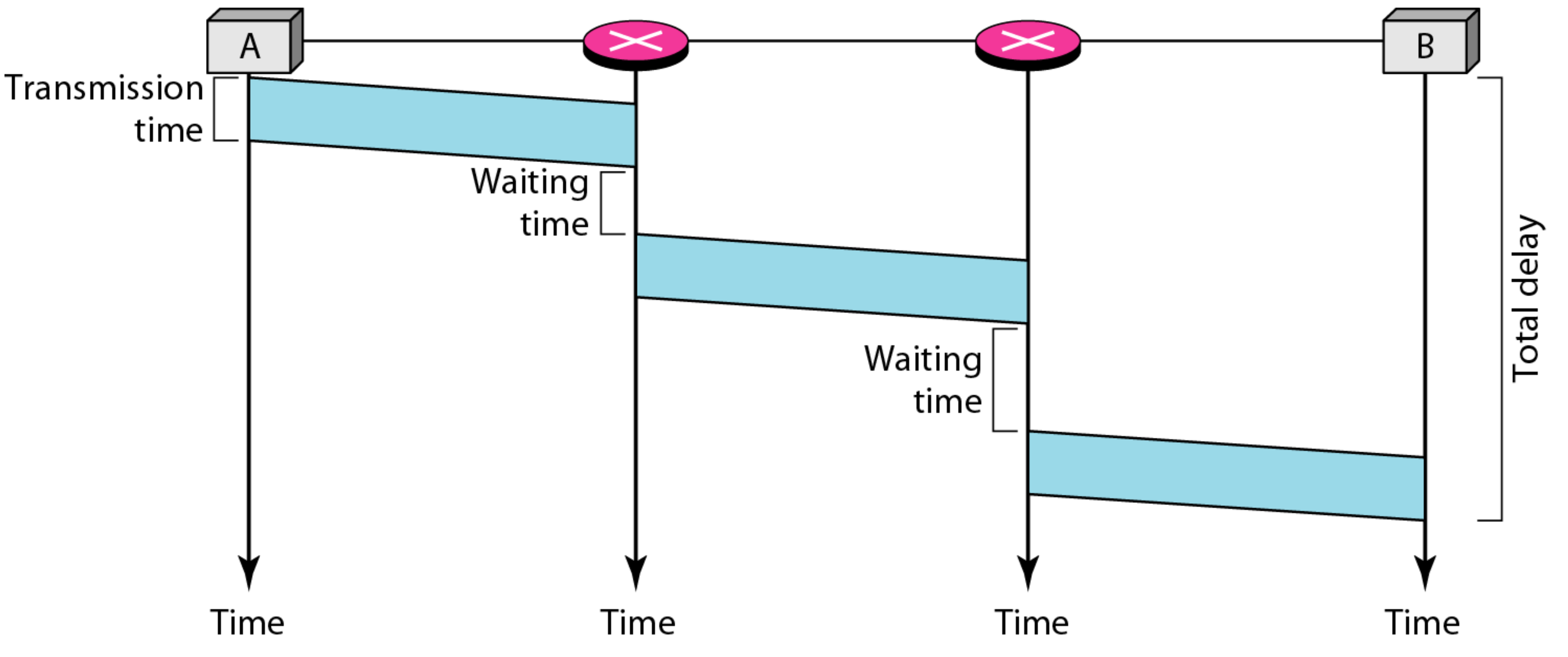
注意

数据报网中的交换机使用基于目的地址的路由表。

注意

数据报网分组的头部中的目的地址在分组传送期间保持不变。

Figure 8.9 *数据报网中的延迟*



注意

因特网在网络层用数据报方法对分组进行交换。

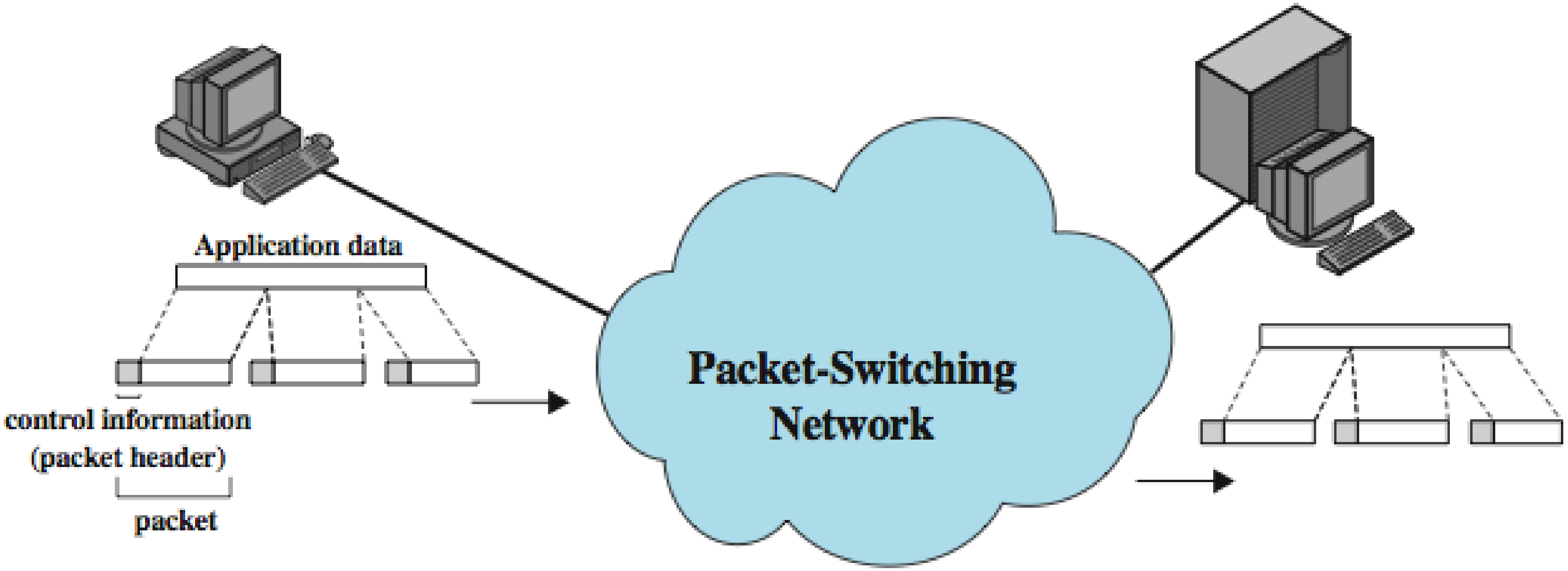
8-3 虚电路网络

虚电路网络是结合电路交换网络和数据报网络的产物，它具有两者的某些特征。

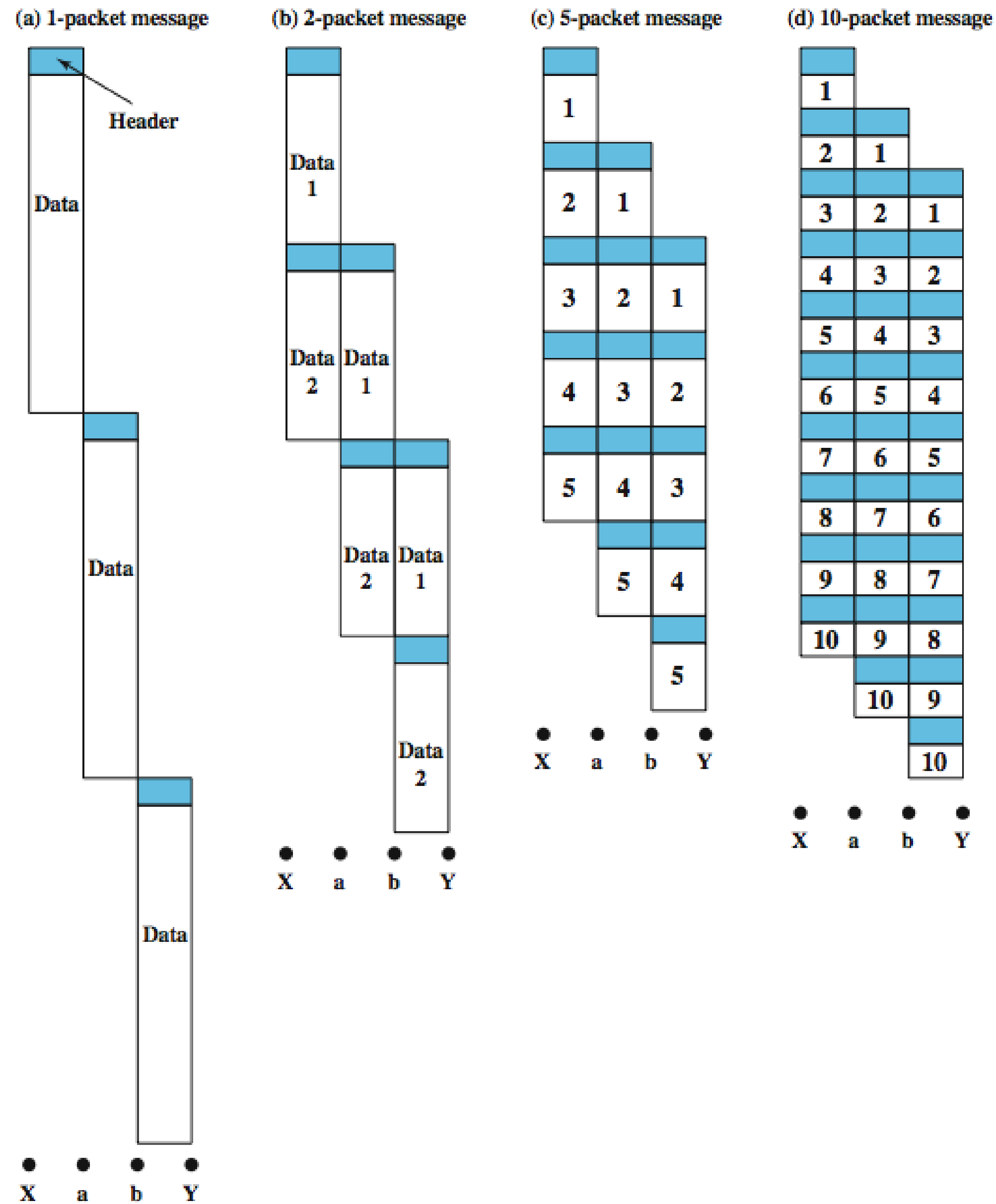
本节主题：

编址
三个阶段
效率
延迟
广域网中电路交换技术

Packet Switching

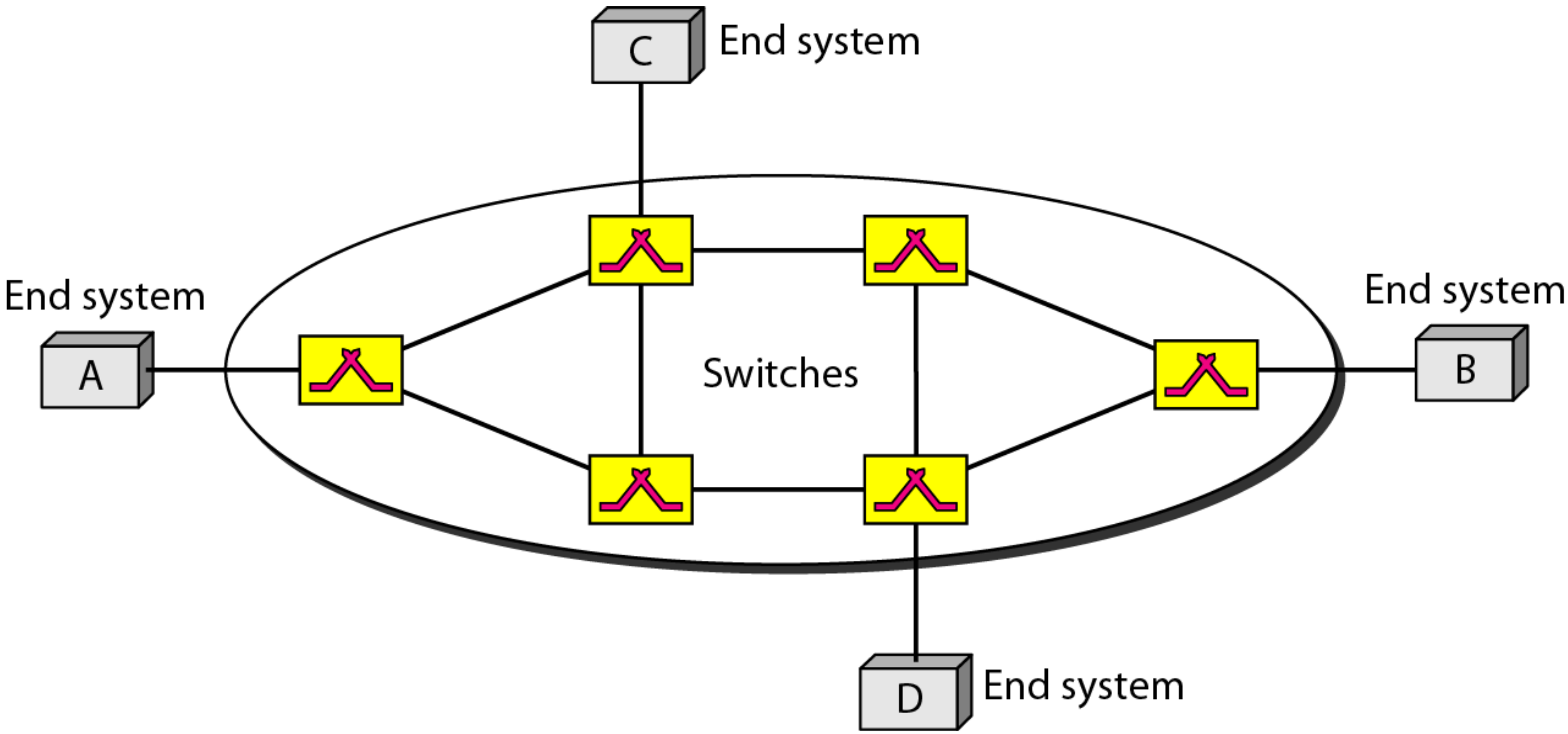


Packet Size



(a) 1-packet message
Header
Data
Data
Data
X
a
b
Y
(b) 2-packet message
Data 1
Data 2
Data 1
Data 2
Data 1
Data 2
X
a
b
Y
(c) 5-packet message
X
a
b
Y
(d) 10-packet message
X
a
b
Y

Figure 8.10 *虚电路网络*



Virtual Circuit Diagram

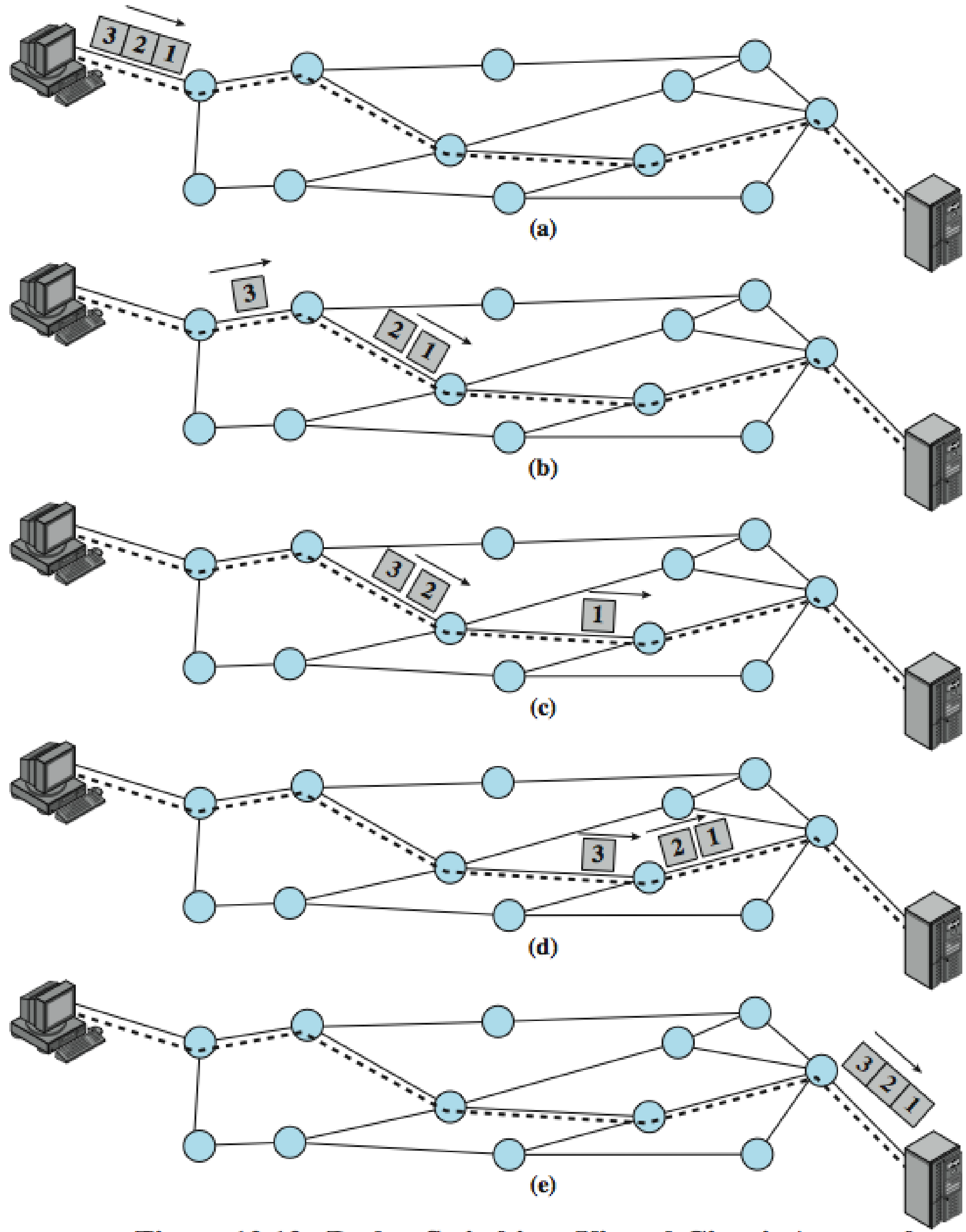


Figure 10.10 Packet Switching: Virtual-Circuit Approach

Figure 8.11 *虚电路标识符*

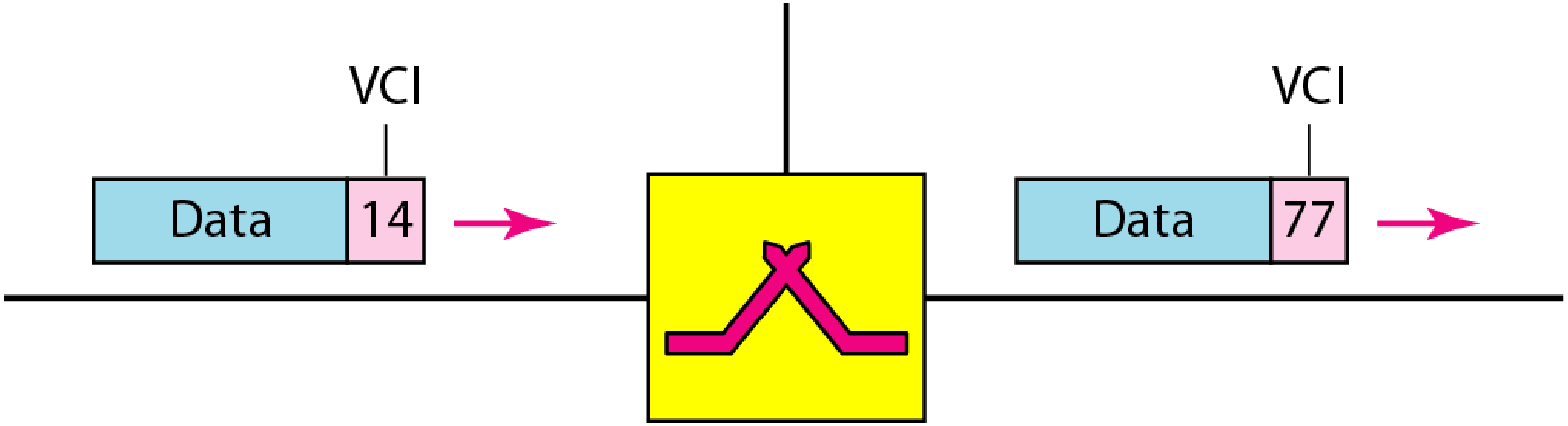


Figure 8.12 *虚电路网络中交换机和表*

Incoming		Outgoing	
Port	VCI	Port	VCI
1	14	3	22
1	77	2	41

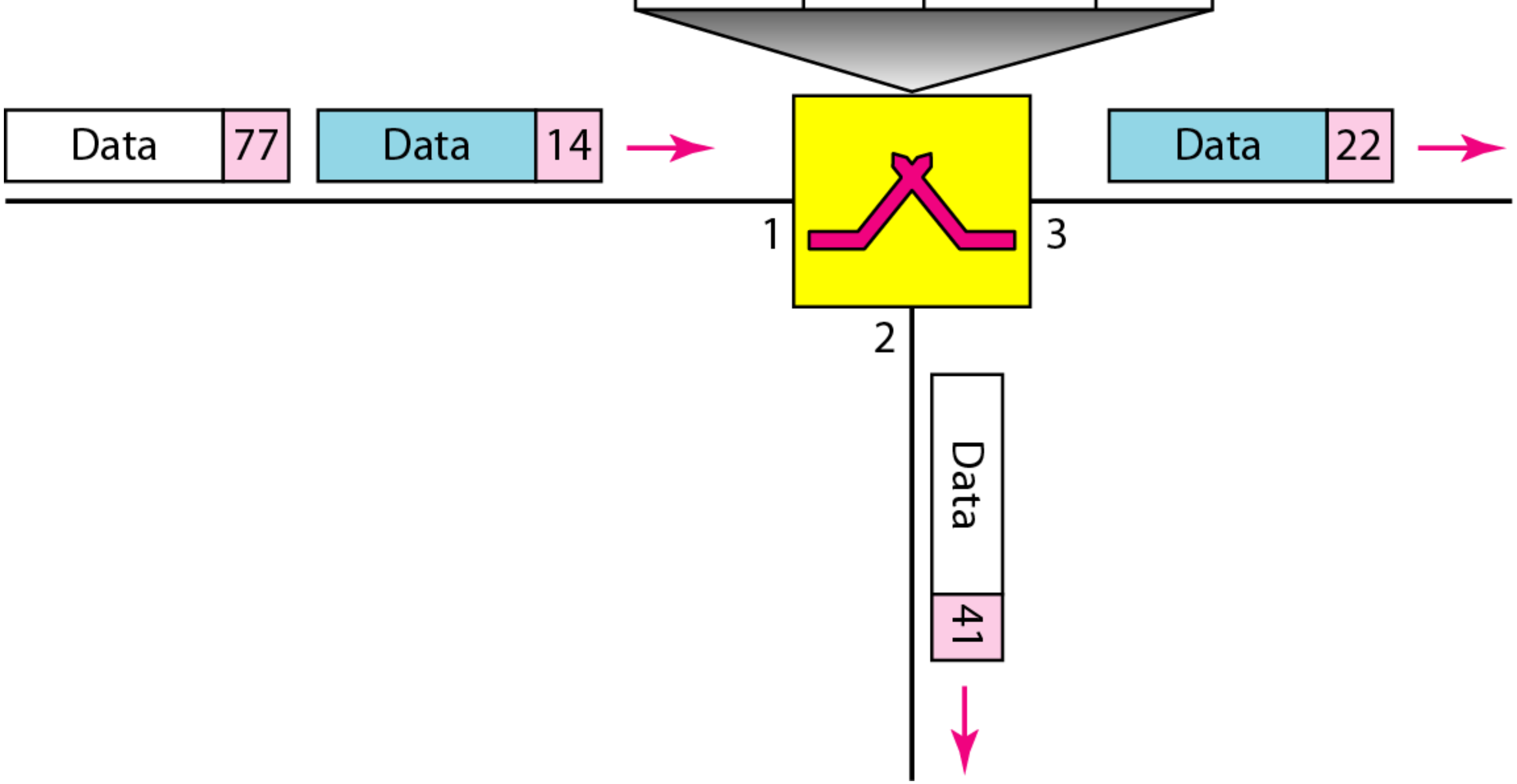


Figure 8.13 *源端到目的端的数据传输*

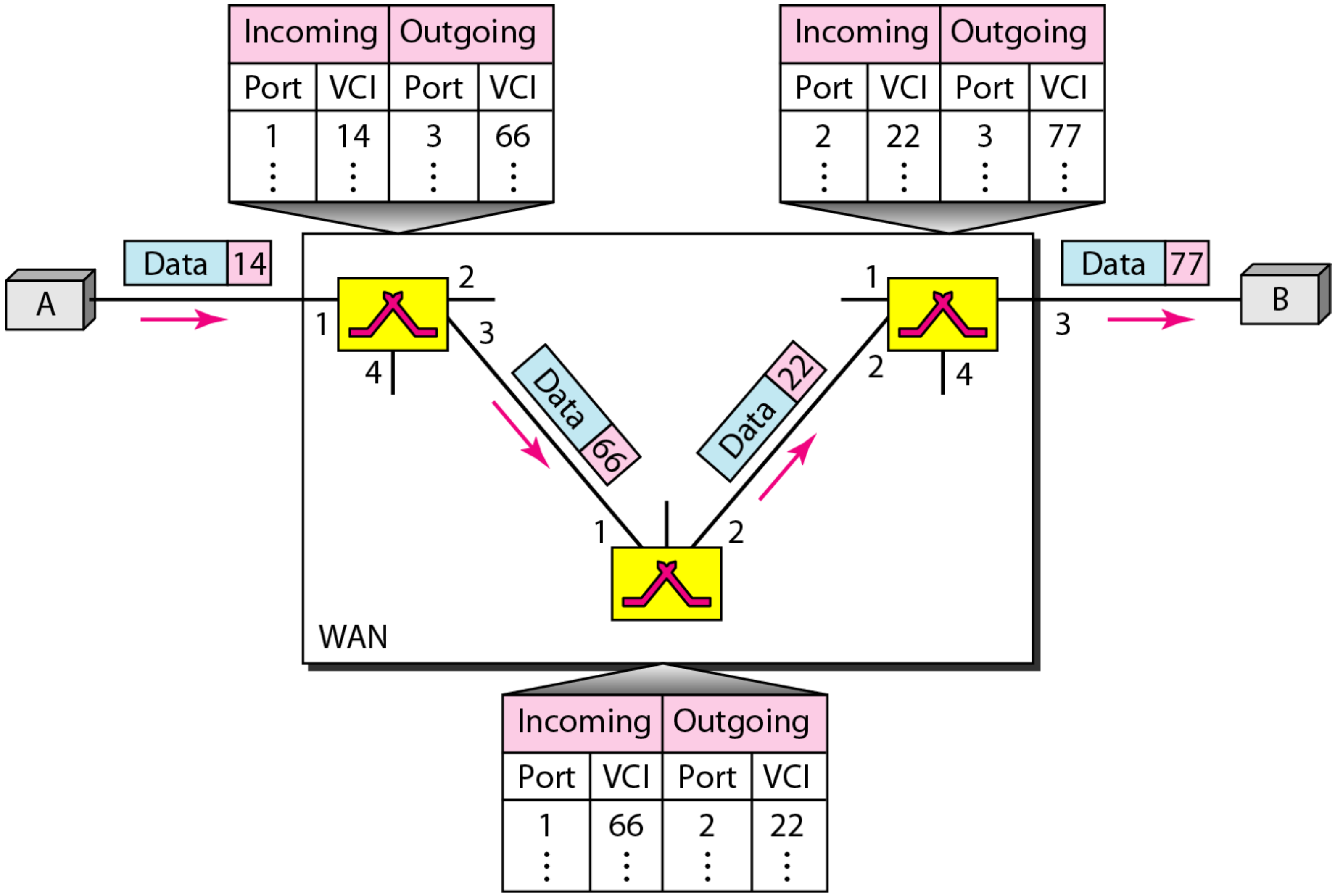


Figure 8.14 *虚电路交换网中的连接请求*

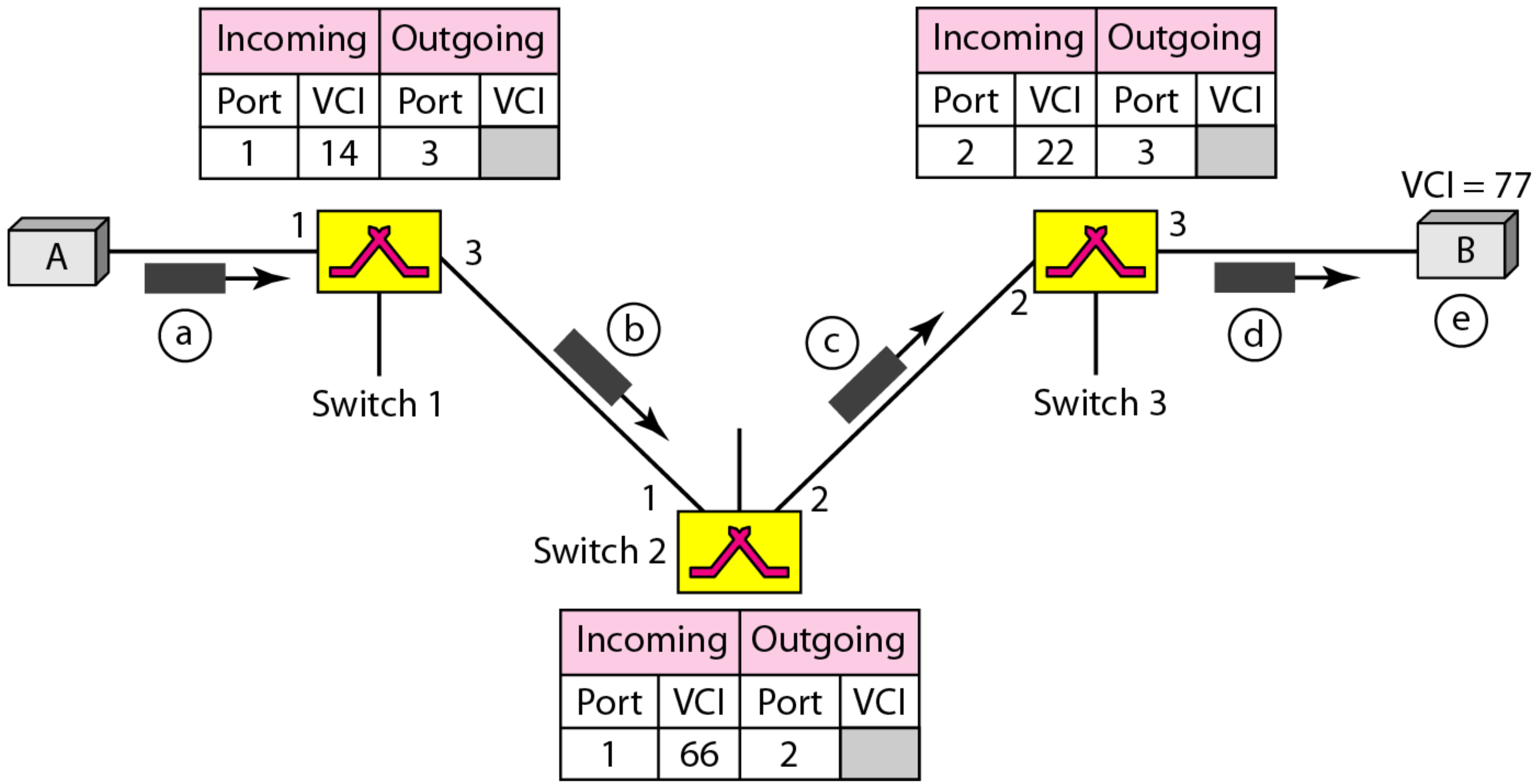
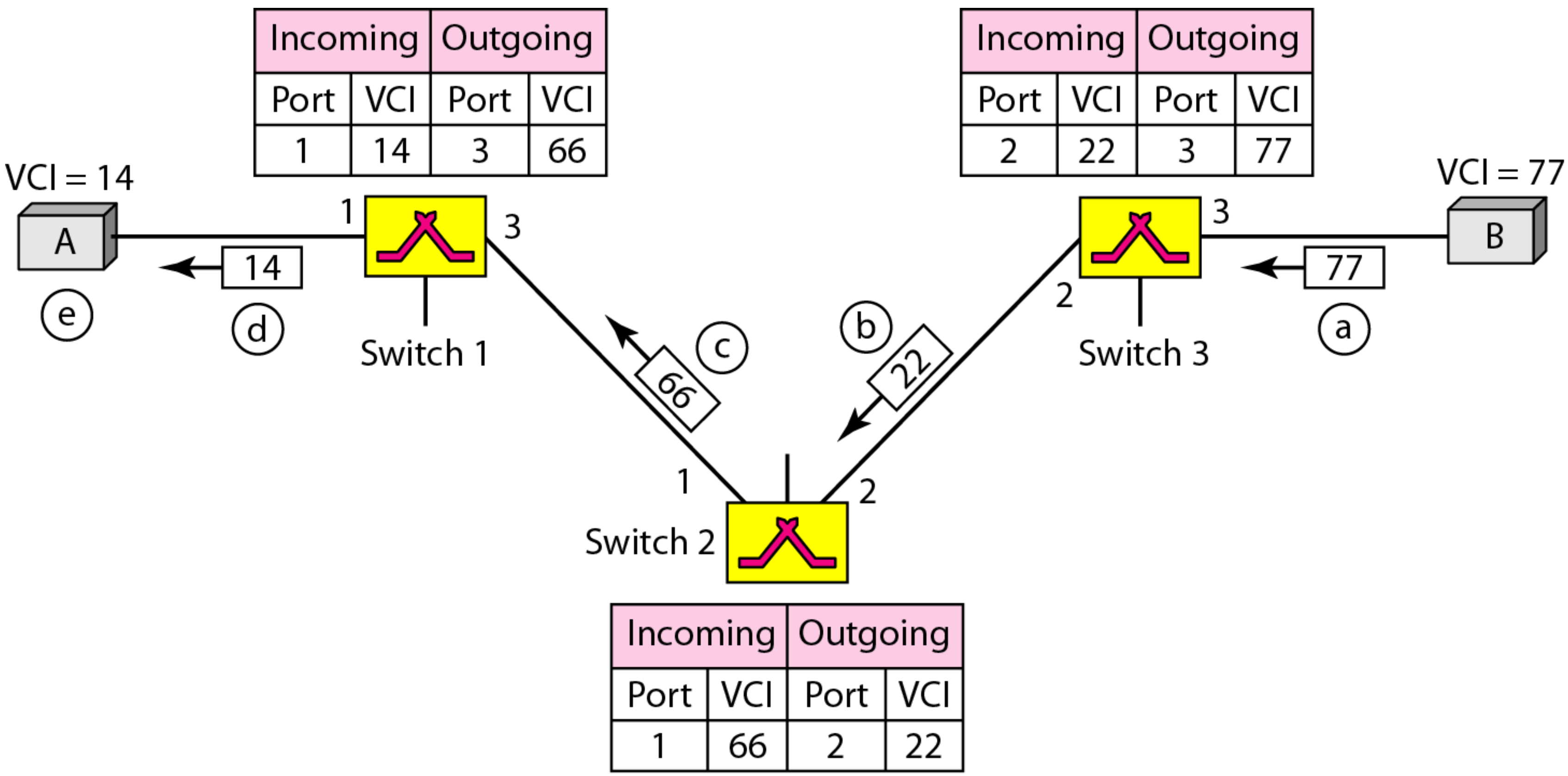


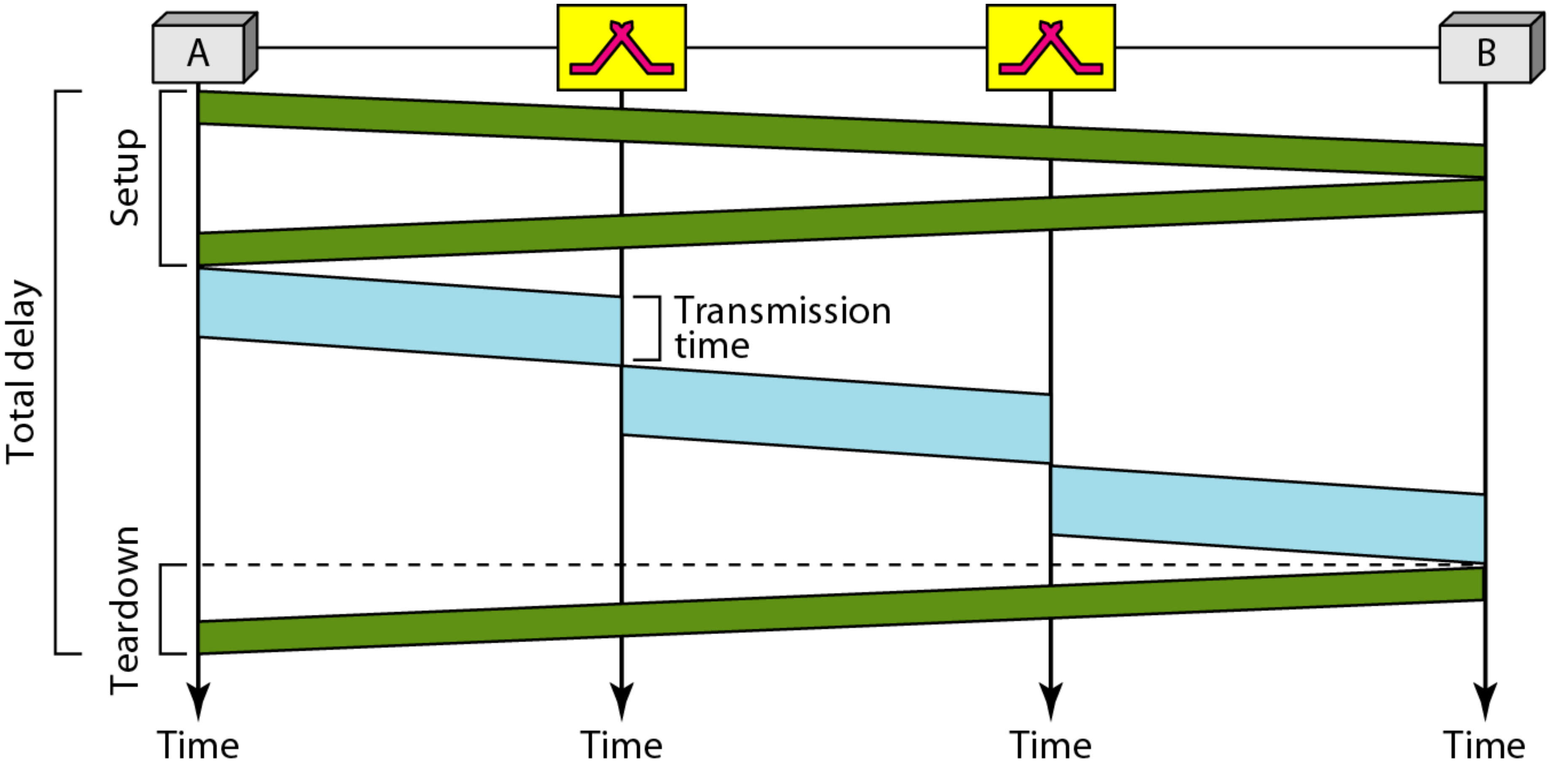
Figure 8.15 *虚电路交换网中的建立确认*



注意

在虚电路交换中，属于相同源端和目的端的所有分组都按同一路径传送；但如果资源按需分配，分组达到目的端可能有不同延迟。

Figure 8.16 *虚电路网络延迟*



注意

在交换广域网中，数据链路层通常采用虚电路技术实现。

8-4 交换机结构

在电路交换网和分组交换网中，我们使用交换机。本节讨论每种类型网络所用的交换机结构。

本节主题：

电路交换机的结构
分组交换机的结构

Figure 8.17 *3输入4输出的纵横制交换机*

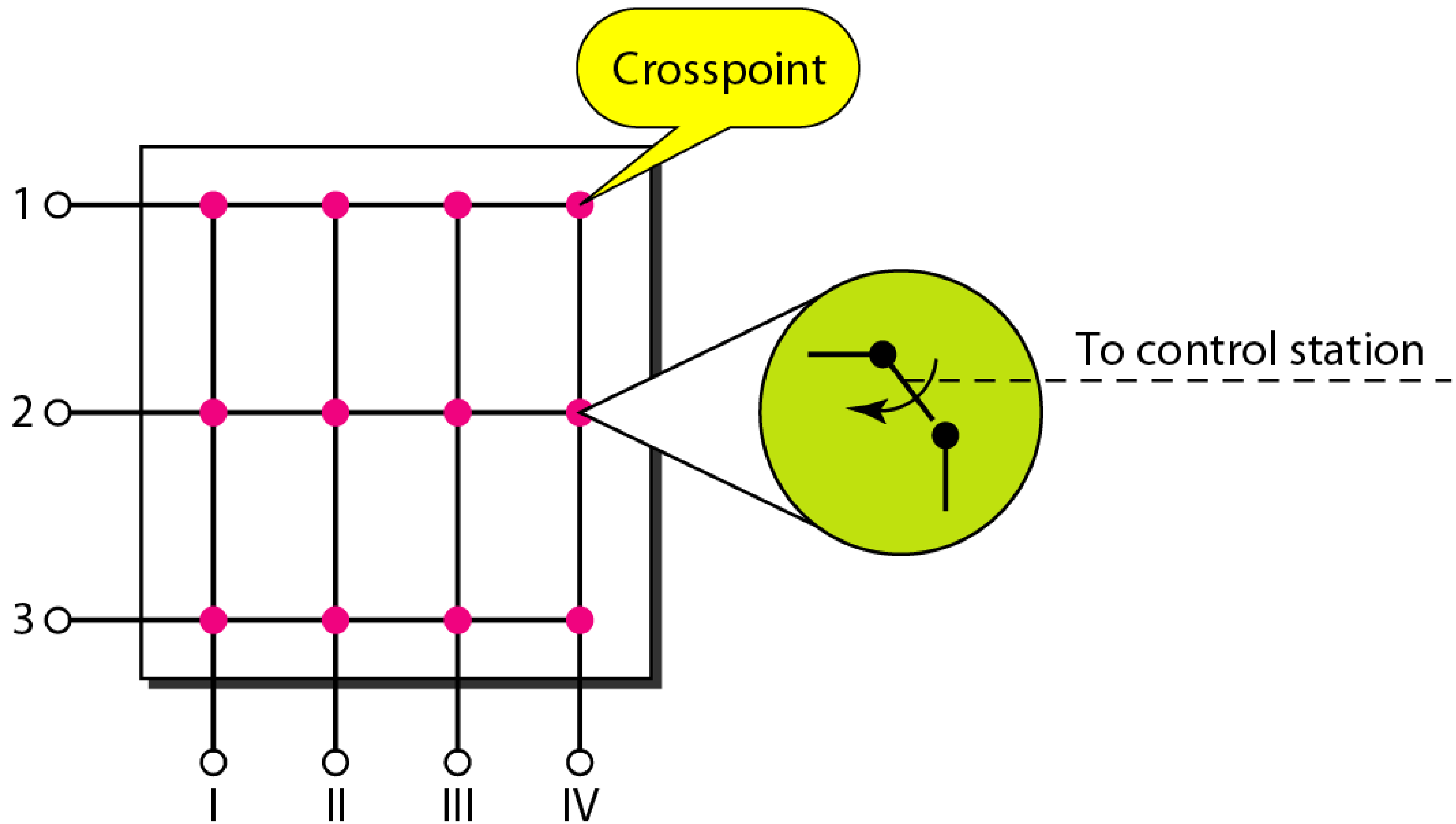
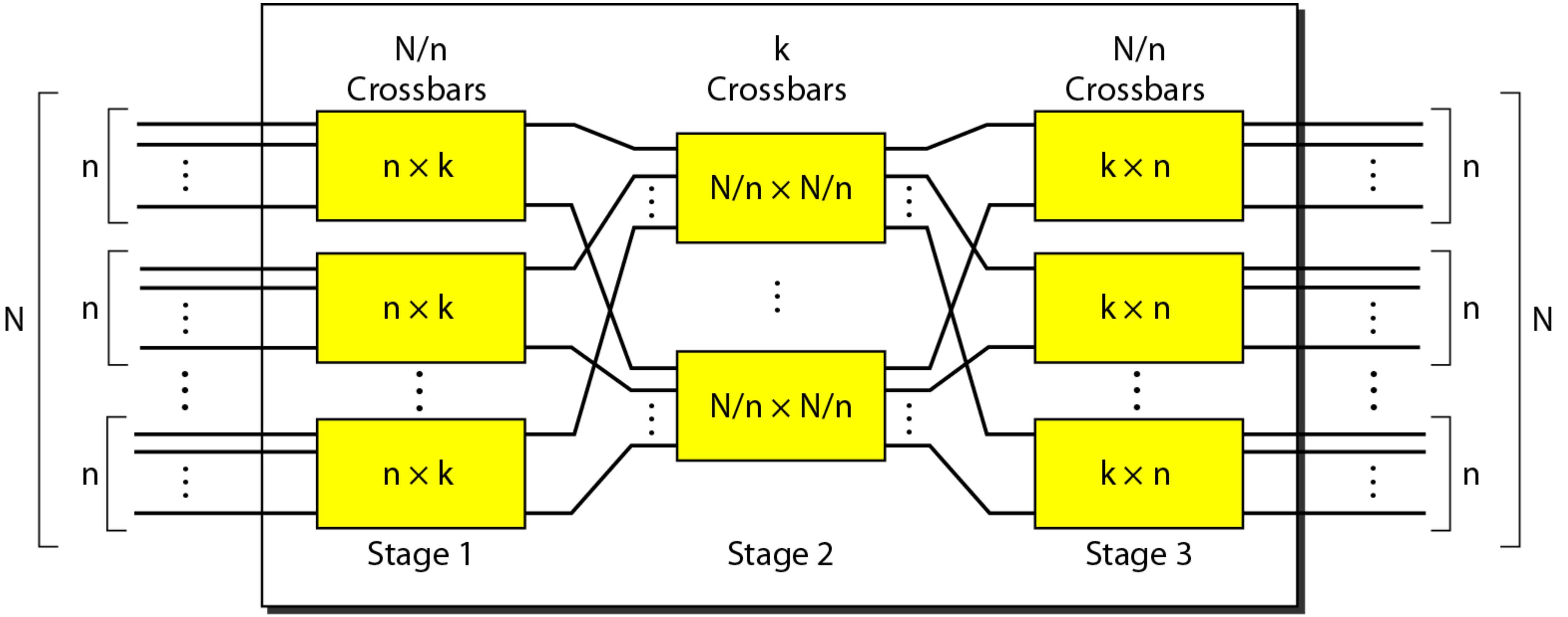


Figure 8.18 *多级交换机*



注意

在一个三级交换机中，总的交叉点个数是

$2kN + k(N/n)^2$

它比单级交换机的交叉点个数 (N^2)小了许多

注意

根据 Clos 准则:

$\boldsymbol{n = (N/2)^{1/2}}$

$\boldsymbol{k > 2n - 1}$

总的交叉点个数 $\geq$ **$4N\,[(2N)^{1/2} - 1]$**

Figure 8.19 *时隙互换*

时分交换机

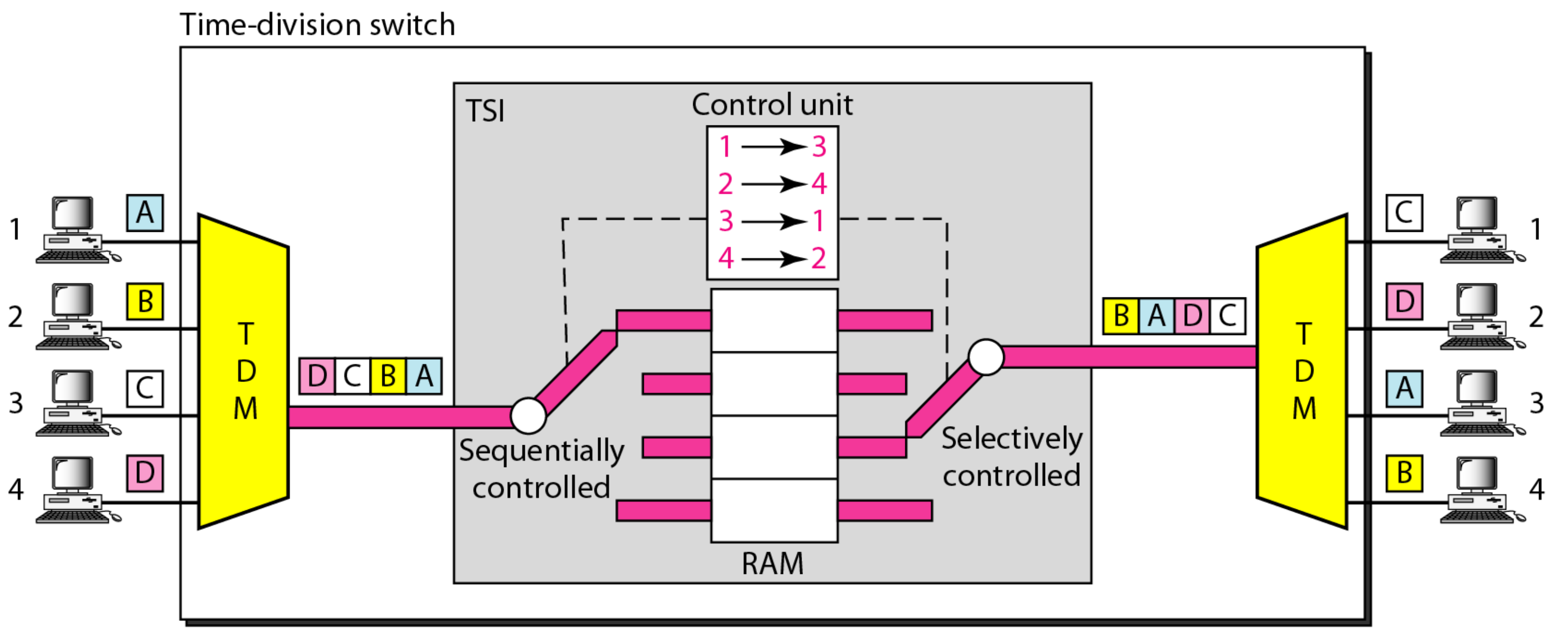


Figure 8.20 *时间-空间-时间交换机*

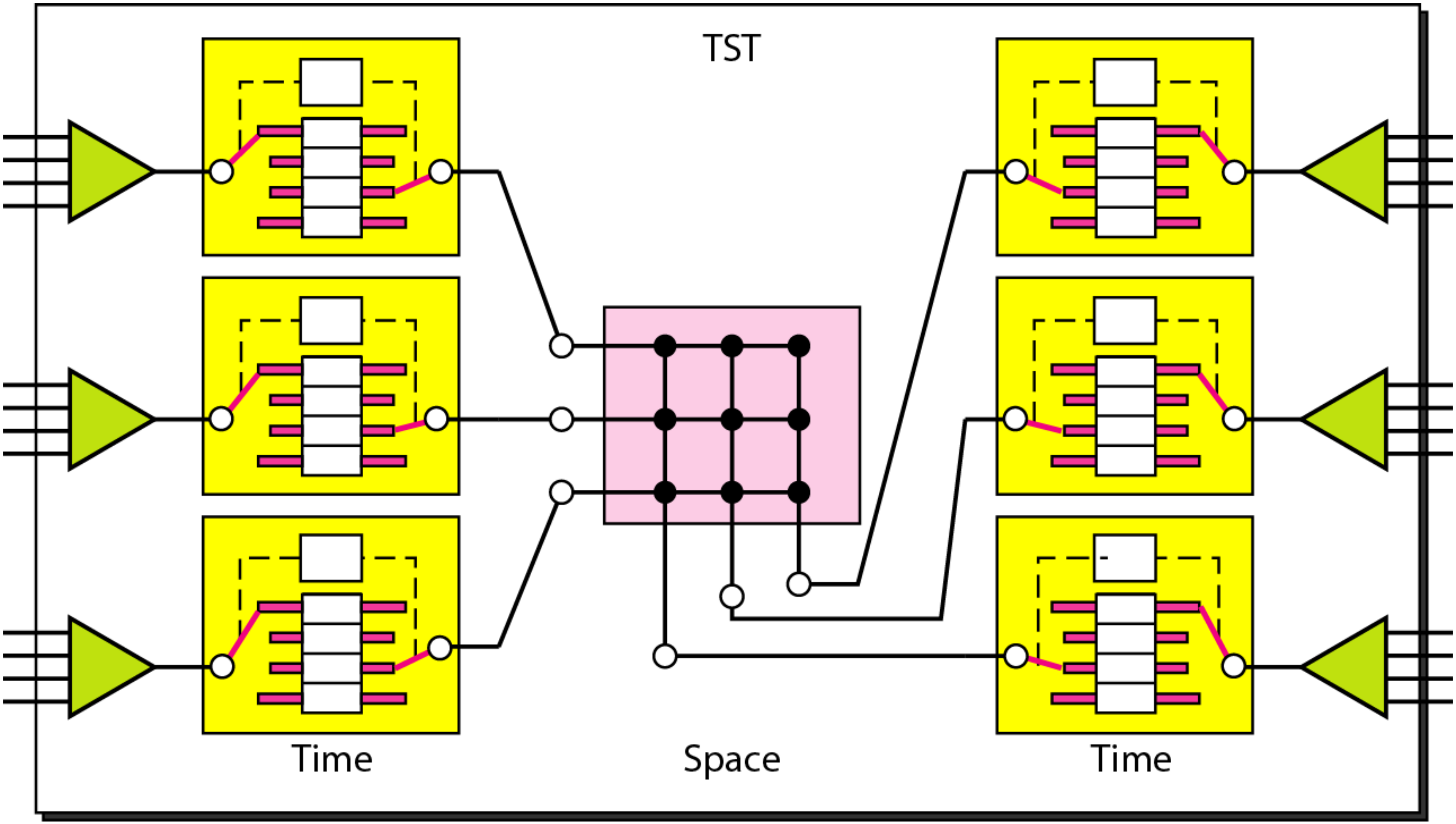


Figure 8.21 *分组交换机组成部分*

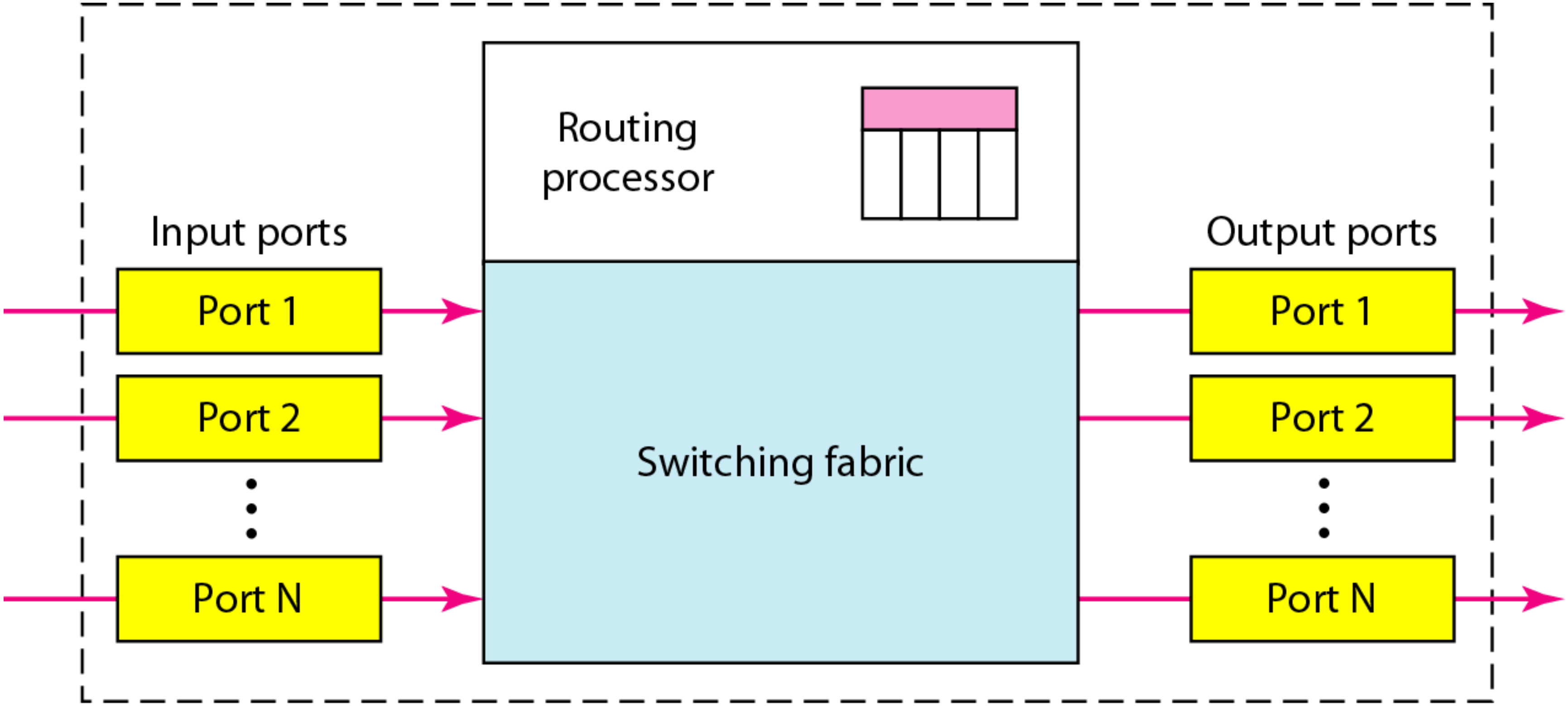


Figure 8.22 *输入端口*

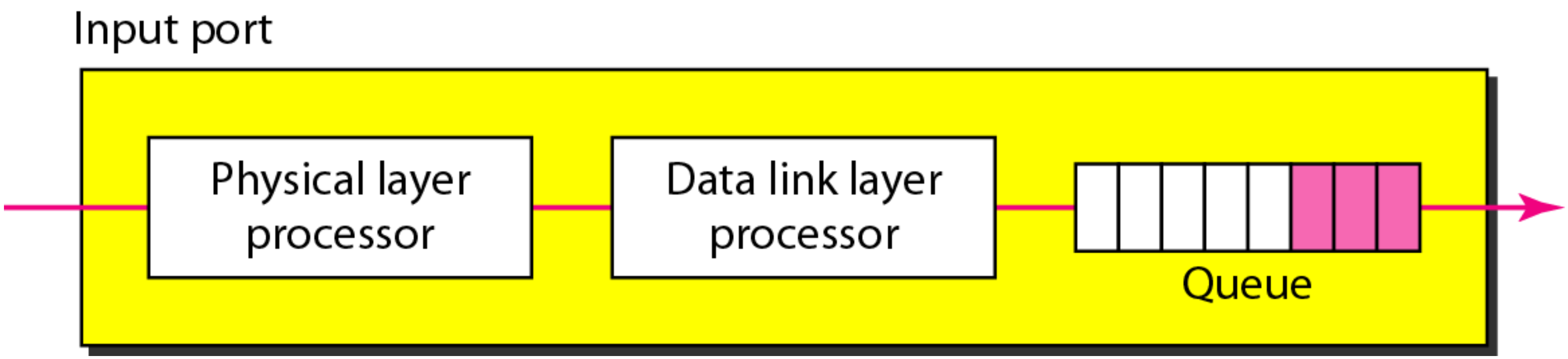


Figure 8.23 *输出端口*

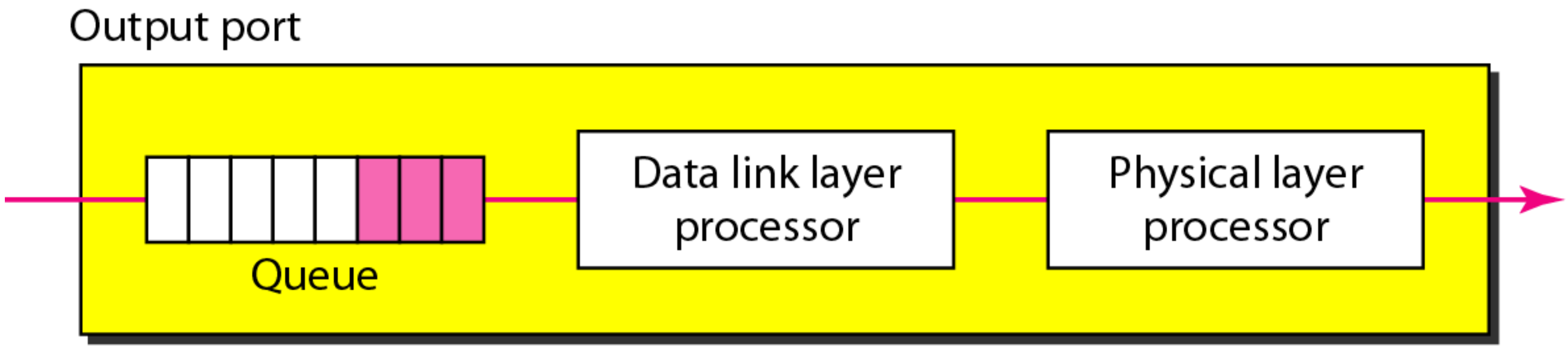
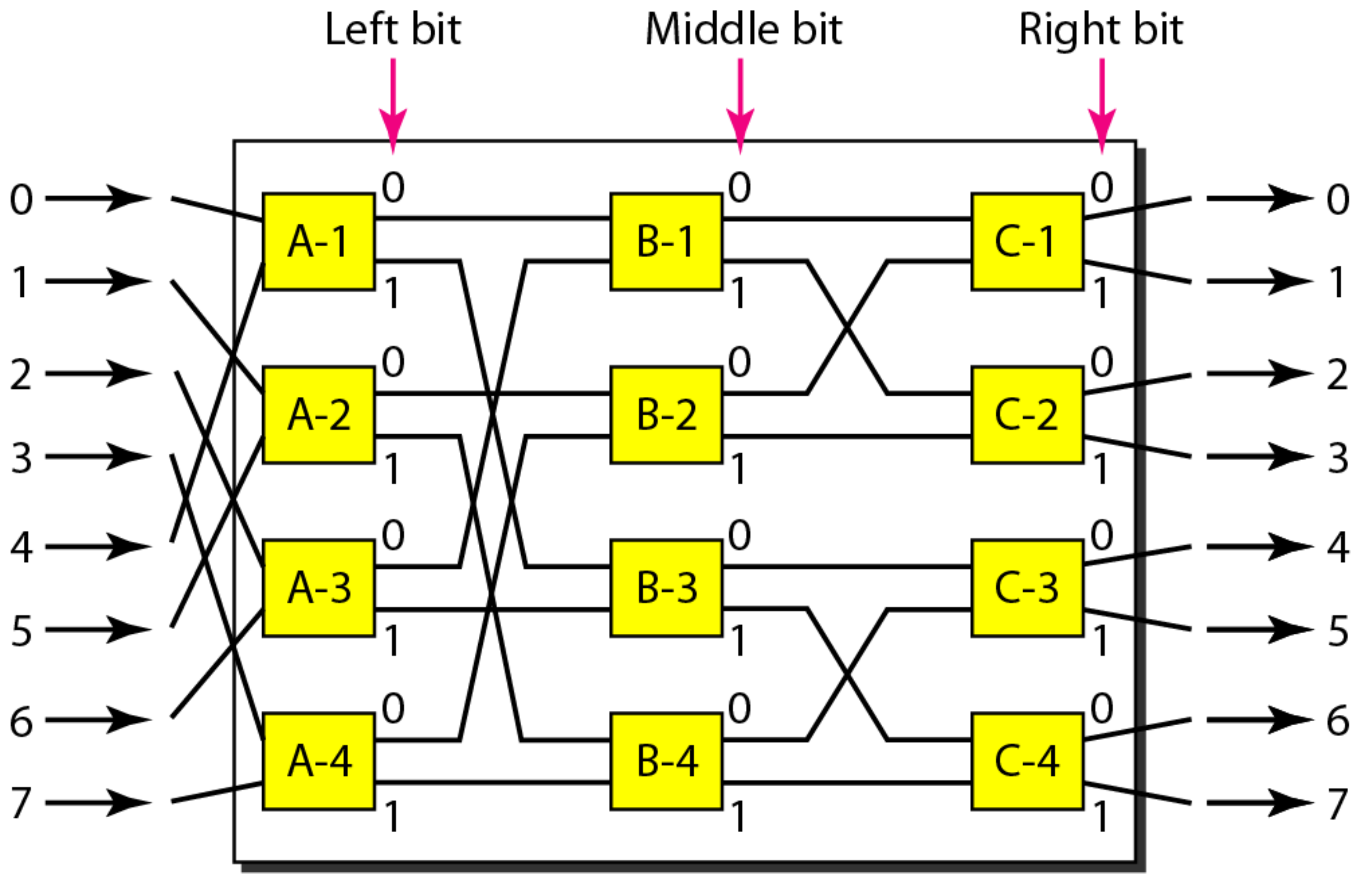
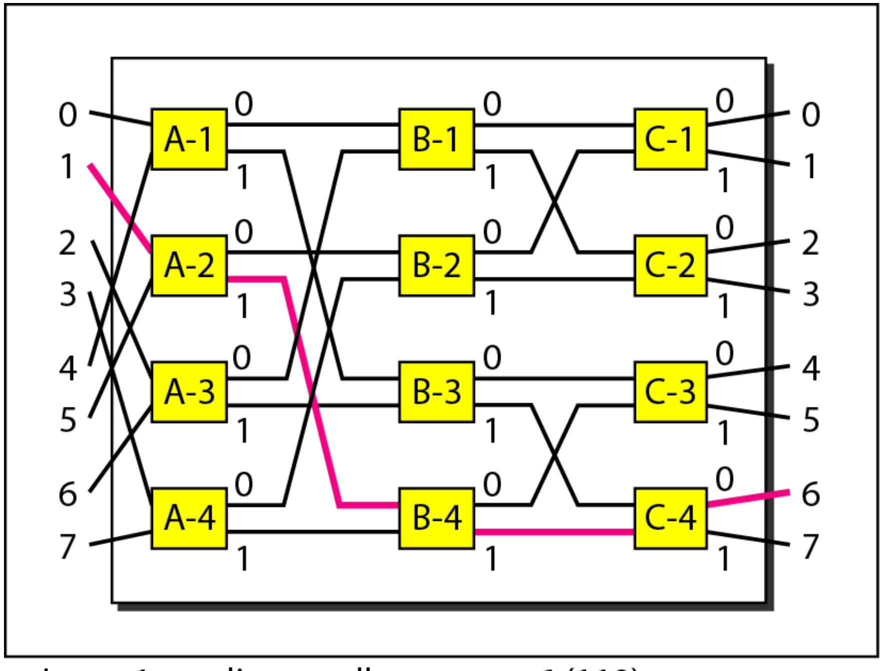


Figure 8.24 *banyan交换机*

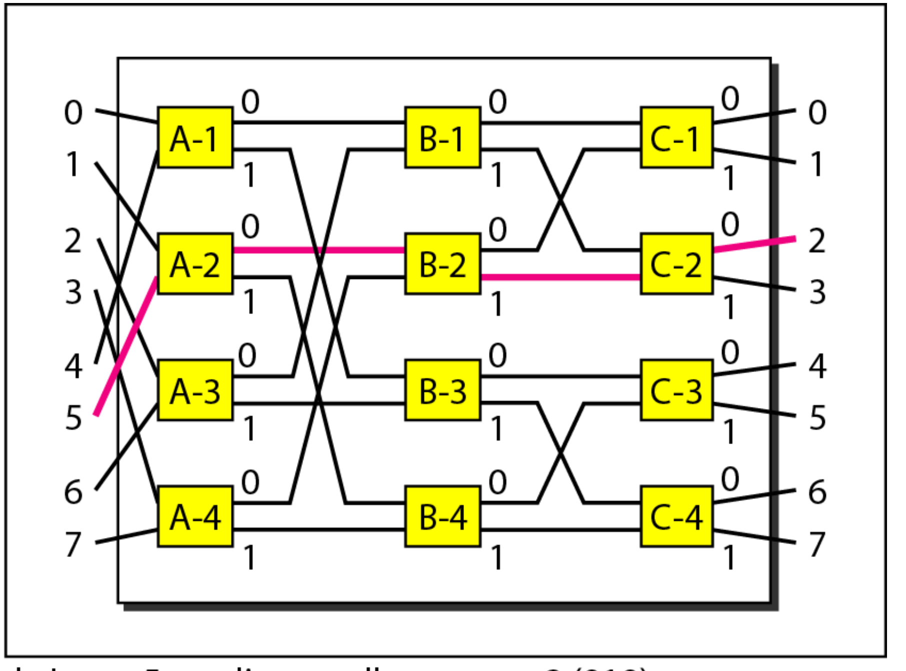


n个输入，n个输出，有$\log_2 n$级，每级有n/2个微交换

Figure 8.25 *Banyan交换机路由实例*

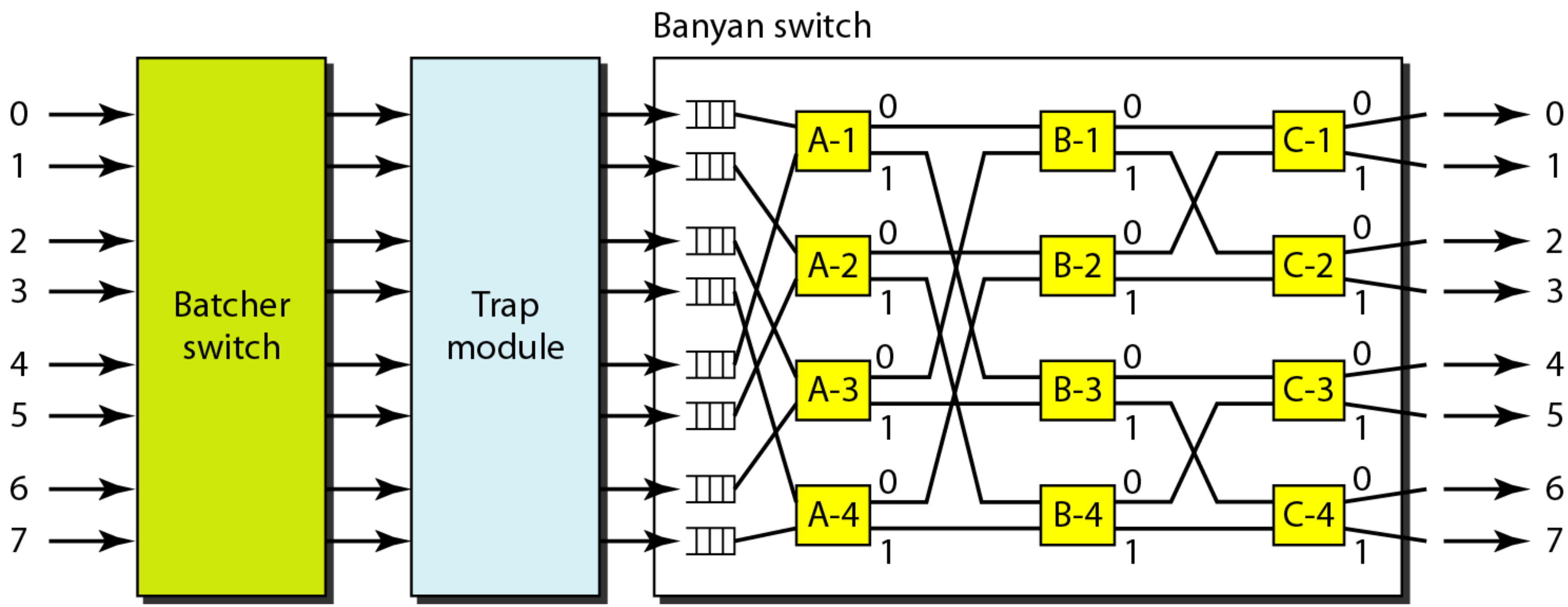


a. Input 1 sending a cell to output 6 (110)



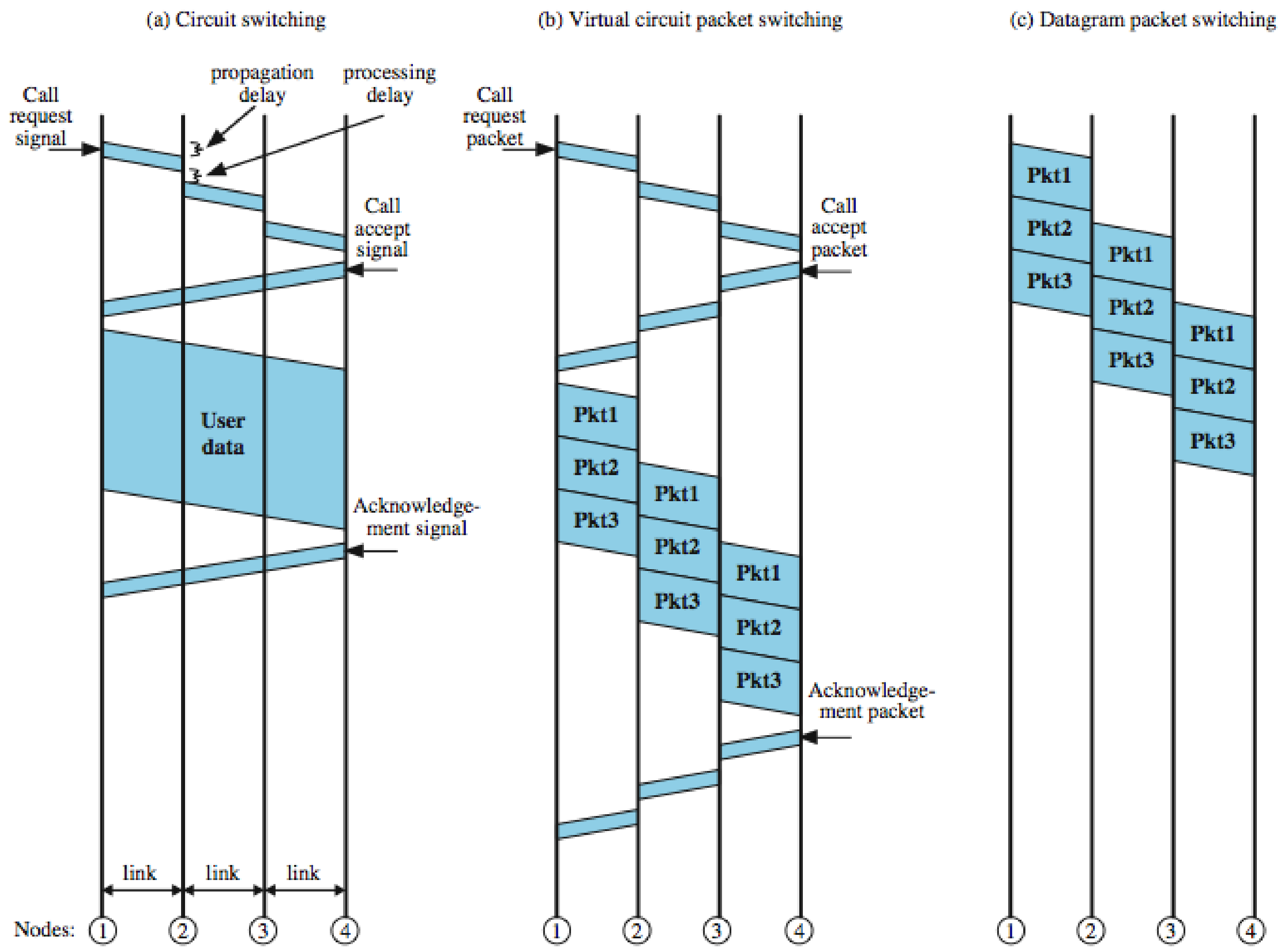
b. Input 5 sending a cell to output 2 (010)

Figure 8.26 *Batcher-banyan交换机*



Event Timing

补充



Problems

Define the following parameters for a switching network:

N = number of hops between two given end systems
L = message length in bits
B = data rate, in bits per second (bps), on all links
P = fixed packet size, in bits
H = overhead (header) bits per packet
S = call setup time (circuit switching or virtual circuit) in seconds
D = propagation delay per hop in seconds

a. For $N = 4, L = 3200, B = 9600, P = 1024, H = 16, S = 0.2, D = 0.001$, compute the end-to-end delay for circuit switching, virtual circuit packet switching, and datagram packet switching. Assume that there are no acknowledgments. Ignore processing delay at the nodes.

Solution

Circuit Switching

$T = C_1 + C_2$ where

C_1 = Call Setup Time

C_2 = Message Delivery Time

$C_1 = S = 0.2$

C_2 = Propagation Delay + Transmission Time

$= N \times D + L/B$

$= 4 \times 0.001 + 3200/9600 = 0.337$

$T = 0.2 + 0.337 = 0.537$ sec

Datagram Packet Switching

$T = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$ where

D_1 = Time to Transmit and Deliver all packets through first hop

D_2 = Time to Deliver last packet across second hop

D_3 = Time to Deliver last packet across third hop

D_4 = Time to Deliver last packet across forth hop

Solution

There are P - H = 1024 - 16 = 1008 data bits per packet. A message of 3200 bits require four packets (3200 bits/1008 bits/packet = 3.17 packets which we round up to 4 packets).

$$
\begin{aligned}
D_1 &= 4 \times t + p \text{ where} \\
t &= \text{transmission time for one packet} \\
p &= \text{propagation delay for one hop} \\
D_1 &= 4 \times (P/B) + D \\
&= 4 \times (1024/9600) + 0.001 \\
&= 0.428 \\
D_2 &= D_3 = D_4 = t + p \\
&= (P/B) + D \\
&= (1024/9600) + 0.001 = 0.108 \\
T &= 0.428 + 0.108 + 0.108 + 0.108 \\
&= 0.752 \text{ sec}
\end{aligned}
$$

Solution

Virtual Circuit Packet Switching

$T = V_1 + V_2$ where

V_1 = Call Setup Time

V_2 = Datagram Packet Switching Time

$T = S + 0.752 = 0.2 + 0.752 = 0.952$ sec

Circuit Switching vs. Diagram Packet Switching

T_c = End-to-End Delay, Circuit Switching

$T_c = S + N \times D + L/B$

T_d = End-to-End Delay, Datagram Packet Switching

N_p = Number of packets = $\left\lceil \dfrac{L}{P-H} \right\rceil$

$T_d = D_1 + (N - 1)D_2$

D_1 = Time to Transmit and Deliver all packets through first hop

D_2 = Time to Deliver last packet through a hop

$D_1 = N_p(P/B) + D$

$D_2 = P/B + D$

Solution

$$T = (N_p + N - 1)(P/B) + N \times D$$

$$T = T_d$$

$$S + L/B = (N_p + N - 1)(P/B)$$

Circuit Switching vs. Virtual Circuit Packet Switching

T_V = End-to-End Delay, Virtual Circuit Packet Switching

$$T_V = S + T_d$$

$$T_C = T_V$$

$$L/B = (N_p + N - 1)(P/B)$$

Datagram vs. Virtual Circuit Packet Switching

$$T_d = T_V - S$$